

**NORMATIVIDAD INTERNACIONAL APLICABLE AL CICLO DE VIDA  
EN ACTIVOS INDUSTRIALES**

**JORGE OLMEDO TREJOS GUTIERREZ  
COD. 74472419**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA,  
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN PROGRAMA DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA  
PEREIRA, 2017**

**NORMATIVIDAD INTERNACIONAL APLICABLE AL CICLO DE VIDA  
EN ACTIVOS INDUSTRIALES**

**JORGE OLMEDO TREJOS GUTIERREZ**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar por  
el título de Ingeniero Electricista.**

**Director:  
M.Sc. MAURICIO HOLGUÍN LONDOÑO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA FACULTAD DE  
INGENIERÍAS: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA, CIENCIAS DE LA  
COMPUTACIÓN PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA, 2017**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

Firma presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Pereira, Julio 2017

## DEDICATORIA

A...

*Mi madre y mi abuela por su amor incondicional.*

*Jorge Andrés y Santiago, mis amados hijos, por brindar alegría a mis días.*

*Mi esposa, por su amor y dedicación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A...

Dios por darme el privilegio de la vida y guiarme en mi camino.  
Ing. M.sc Mauricio Holguín Londoño, por su valiosa, oportuna y eficaz  
colaboración.

Mis familiares que de alguna u otra forma hicieron realidad este proyecto

## **RESUMEN**

La Gestión de Activos y entre ella el ciclo de vida de los activos ha venido adquiriendo mayor fuerza en el sector industrial; en esta gestión debe aparecer la normatividad aplicada en los diferentes ciclos de vida de un activo industrial, La no aplicación de normativas en el ciclo de vida de un activo puede conllevar pérdidas tanto económicas (aumentando los costos de manteniendo, disminuyendo la optimización de la producción), como humanas (poniendo en riesgo la salud y la vida del personal expuesto) para las empresas. El presente trabajo de grado surge por la necesidad dar una breve descripción de la normativa internacional existente y la relación que se tiene con cada una de las etapas del ciclo de vida de un activo industrial.

## **ABSTRACT**

Asset Management and among them the life cycle of assets has been gaining strength in the industrial sector; In this management must appear the normativity applied in the different life cycles of an industrial asset, the non-application of regulations in the life cycle of an asset can entail losses as much economic (increasing the costs of maintaining, reducing the optimization of the production ), And human (putting at risk the health and life of the exposed personnel) for the companies. The present research work is due to the need to give a brief description of the existing international regulations and the relationship that exists with each of the stages of the life cycle of an industrial asset

## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PARTE I</b>  | <b>4</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>4</b>  |
| <b>1. PLANTEAMIENTO</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>3. OBJETIVOS</b>                                   | <b>7</b>  |
| 3.1 OBJETIVOS GENERAL                                 | 7         |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                             | 7         |
| <b>PARTE II</b>                                       | <b>8</b>  |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>                           | <b>8</b>  |
| <b>4. GESTIÓN DE ACTIVOS</b>                          | <b>9</b>  |
| 4.1 PRESENTACIÓN GENERAL                              | 9         |
| 4.2 POLÍTICAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS                   | 10        |
| 4.3 ESTRATEGÍAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS                 | 11        |
| 4.4 OBJETIVOS Y PLANES DE GESTIÓN DE ACTIVOS          | 11        |
| 4.5 BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS       | 11        |
| 4.6 CICLO DE VIDA EN ACTIVOS FÍSICOS                  | 12        |
| <b>5. NORMA PAS-55 E ISO-55000</b>                    | <b>14</b> |
| 5.1 LAS PAS 55  | 14        |
| 5.1.1 ALCANCE   | 15        |
| 5.1.2 EXTRUCTURA                                      | 15        |
| 5.1.3 PRINCIPIOS Y ATRIBUTOS DE LA GESTION DE ACTIVOS | 17        |
| 5.2 ISO 55000   | 17        |
| 5.2.2 ALCANCE   | 18        |
| 5.2.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS                           | 18        |
| 5.2.4 ELEMENTOS Y REQUISITOS                          | 19        |
| 5.3 ISO 55000 FRENTE A PASS 55                        | 21        |
| <b>6. AUTOMATISMOS</b>                                | <b>22</b> |
| 6.1 INTRODUCCIÓN                                      | 22        |
| 6.2 SISTEMAS DE CONTROL                               | 24        |
| 6.3 COMPONENTES DE LOS AUTOMATISMOS                   | 24        |
| 6.4 AUTOMATISMOS CABLEADOS Y ROGRAMABLES              | 26        |
| <b>7. GUIA GEMMA</b>                                  | <b>27</b> |
| <b>8. NORMAS DE SEGURIDAD EN MAQUINARIA</b>           | <b>30</b> |



|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
| 8.1              | UNE-EN ISO 12100:2012 SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS. PRINCIPIOS GENERALES PARA EL DISEÑO. EVALUACIÓN DEL RIESGO Y REDUCCIÓN DEL RIESGO.                            | 31        |
| 8.2              | NORMAS IEC61508 E IEC61511   | 34        |
| 8.2.1            | NORMA IEC 61508  | 35        |
| 8.2.2            | NORMA IEC 61511  | 36        |
| 8.3              | NORMA IEC/EN 62061, “SEGURIDAD DE MÁQUINAS – SEGURIDAD FUNCIONAL DE SISTEMAS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES RELACIONADOS A LA SEGURIDAD” | 37        |
| 8.4              | NORMA EN ISO 13849-1   | 38        |
| 8.5              | NORMA IEC 61131-3  | 41        |
| 8.6              | NORMA EUROPEA EN 16646:2014  | 46        |
| 8.7              | NORMA ISO 14000  | 46        |
| 8.8              | OTRAS NORMAS   | 49        |
| <b>PARTE III</b> |  | <b>53</b> |
| <b>9.</b>        | <b>ASOCIACIÓN DEL CICLO DE VIDA Y NORMATIVA VIGENTE.</b>   | <b>54</b> |
| 9.1              | ETAPA DE OBTENCION (Diseño, Fabricación, Adquisición)  | 54        |
| 9.2              | ETAPA DE OPERACIÓN (Instalación, Operación, Mantenimiento)   | 55        |
| 9.3              | ETAPA DE DISPOSICIÓN (Remplazo, Desvinculación, Venta o Baja)  | 56        |
| <b>10.</b>       | <b>CONCLUSIONES</b>  | <b>57</b> |
| <b>11.</b>       | <b>RECOMENDACIONES</b>   | <b>58</b> |
|                  | <b>BIBLIOGRAFIA</b>  |           |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 Pilares en la gestión de activos                                       | 10 |
| Figura 2 Fases del ciclo de vida del activo                                     | 13 |
| Figura 3 Modelo conceptual de gestión de activos según PAS 55:2008              | 14 |
| Figura 4 Estructura del sistema de gestión PAS 55:2008                          | 16 |
| Figura 5 Elementos y requerimientos del sistema de Gestión de Activos ISO 55000 | 20 |
| Figura 6 Componentes de los automatismos [1]                                    | 26 |
| Figura 7 Modos o estados de funcionamiento básicos                              | 28 |
| Figura 8 Representación gráfica de la guía Gemma                                | 28 |
| Figura 9 Proceso de la evaluación y reducción e riesgo de acuerdo con ISO 12100 | 32 |
| Figura 10 Evaluación y análisis de riesgo                                       | 39 |
| Figura 11 Grafico de riesgo para determinar el PLr                              | 41 |
| Figura 12 Texto estructurado  | 42 |
| Figura 13 Lista de Instrucciones  | 43 |
| Figura 14 Diagrama de contactos   | 43 |
| Figura 15 Diagrama de bloques funcionales                                       | 43 |
| Figura 16 Gráfico funcional secuencial  | 44 |
| Figura 17 Modelo de software según la norma IEC 61131-3                         | 44 |

# **PARTE I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1. PLANTEAMIENTO

Desde el inicio de los tiempos, los seres humanos aplicaron su ingenio en la invención y el desarrollo de máquinas (activos) que les permitieran mitigar el esfuerzo físico ocasionado en sus labores diarias. Estas máquinas se componían de un conjunto de piezas o elementos que permitían, a partir de la aplicación de una cierta energía, transformarla o restituirla en otra más adecuada, o bien, producir un determinado trabajo o efecto. Más tarde tuvieron la necesidad de construir mecanismos capaces de ejecutar tareas repetitivas y de controlar determinadas operaciones sin la intervención de un operador humano, lo que dio lugar a los llamados automatismos [1].

La historia industrial reciente está marcada por logros tecnológicos que se desencadenan a partir de importantes aportaciones en el área de los automatismos [1].

Los activos son los bienes, derechos y otros recursos controlados económicamente por la empresa, de los que se espera obtener beneficios o rendimientos económicos en el futuro [2]. Existen varios tipos de activos; en este proyecto se estudiará uno de ellos llamado activo no corriente o activo fijo. Los Activos no corrientes o Activos fijos, son bienes y derechos, que no se han adquirido con fines de venta, como maquinarias y bienes inmuebles, por tanto estos activos tienen un ciclo de vida. El ciclo de vida nace desde la idea misma de realizar una actividad que involucra activos en su desarrollo, pasa por las etapas de anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento, hasta su eventual reciclaje, descarte o disposición final [3], además para garantizar el bienestar de los operarios y empleados de la empresa, estos activos deben de tener unos automatismos de protección y seguridad, los cuales deben cumplir unas normas para hacer más eficaz todo este proceso.

El ciclo de vida de un activo industrial es un factor fundamental en el desarrollo de la industria moderna, influye directamente en las actividades diarias. La dinámica de los negocios, exige cada vez más a la industria producir al más óptimo costo, con la más alta calidad y un mayor nivel de confiabilidad (disponibilidad y mantenibilidad de sus activos), para poder cumplir con los exigentes requerimientos de orden técnico, económico o legal y permanecer eficientemente de forma competitiva en el mercado [4].

Es aquí donde radica la importancia del enfoque de la Gestión Integral de Activos, la cual se ha convertido en el medio más firme para conseguir el máximo nivel de eficiencia y aporte de valor en una organización, con la finalidad de manejar eficazmente el ciclo de vida de los activos y con ello lograr maximizar la rentabilidad y

la sostenibilidad del negocio, logrando un equilibrio adecuado entre riesgo, oportunidad y beneficios [4].

Con este proyecto de grado se busca dar respuesta a la pregunta de si es posible correlacionar la normativa internacional vigente y aplicable al diseño, mantenimiento, seguridad, etc., de activos industriales con las diferentes etapas del ciclo de vida de los mismos.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

En los últimos años, la Gestión de Activos y entre ella el ciclo de vida de los mismos ha venido adquiriendo mayor fuerza en el sector industrial. Esta ha dejado de ser vista solo como el mantenimiento, la cual es una etapa que representa solo una parte del ciclo de vida, para ser vista como una disciplina que engloba toda la vida útil de los equipos, desde su misma concepción, diseño e implementación hasta su disposición final y/o retiro de operaciones.

En la búsqueda por una mayor eficiencia, son elementos esenciales el funcionamiento y productividad del equipamiento usado en los procesos productivos. Por esta razón, cada vez más empresas están implementando programas de Gestión del ciclo de vida de activos industriales para ayudarles, no sólo a mejorar su operación, sino también para determinar los equipos más apropiados para su planta [5].

En esta gestión debe aparecer la normatividad aplicada en los diferentes ciclos de vida de un activo industrial y en los automatismos que lo conforman, la no aplicación de normativas en el ciclo de vida de un activo y sus automatismos puede conllevar pérdidas tanto económicas (aumentando los costos de mantenimiento, disminuyendo la optimización de la producción), como humanas (poniendo en riesgo la salud y la vida del personal expuesto) para las empresas.

En la actualidad las empresas aplican normativas como la PAS55, la cual define los requisitos que debe cumplir un Sistema de Gestión de Activos Físicos para asegurar sostenibilidad y desempeño óptimo de los activos, y la ISO 55000, la cual define los requerimientos para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de Gestión de activos, así como su aplicación particular en activos tangibles e intangibles [6]. Pero en el ciclo de vida de los activos industriales, no hay un estudio que abarque las normativas existentes en cada una de sus etapas, así como tampoco uno que hable de los automatismos.

Por esta razón, en este proyecto se pretende conocer las normativas que rigen el estudio de las etapas del ciclo de vida de activos tangibles, y correlacionar dichas etapas con las normas vigentes y aplicables según el entorno industrial y específicamente de automatización.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVOS GENERAL**

Presentar las normativas que rigen el estudio de las etapas del ciclo de vida de activos tangibles, y correlacionar dichas etapas con las normas vigentes y aplicables según el entorno industrial y específicamente de automatización.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Indagar el marco conceptual para la concepción y diseño de automatismos en su función de activos industriales.
- Examinar y presentar las normativas vigentes para el diseño, implementación, mantenimiento y operación general de automatismos en activos industriales.
- Presentar los estándares aplicables al estudio del ciclo de vida en activos industriales, especialmente las normas PAS55 e ISO55000.
- Correlacionar cada una de las etapas del ciclo de vida de un activo con las normativas vigentes para activos industriales.

**PARTE II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## **4. GESTIÓN DE ACTIVOS**

### **4.1 PRESENTACIÓN GENERAL**

El activo según la PAS 55, se define como planta, maquinaria o equipo que tenga valor específico para la compañía. Según ISO 55000: se define como elemento cosa o entidad que tiene valor real o potencial para una organización (Tangible o Intangible)

La gestión de activos son actividades y practicas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización administra de manera óptima y sostenible sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgo y costos asociados durante sus ciclos de vida con el propósito de alcanza su plan estratégico organizacional

La gestión de activos empresariales se reconoce como disciplina desde mediados de los años 90, agrupa conceptos y técnicas de diferentes ámbitos, tales como finanzas, ingeniería, tecnología, operaciones entre otras, y se enfoca a la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida del activo físico, optimizando aspectos de diferente índole en cada ocasión, pero con una visión integradora en todo el ciclo de vida [7].

El éxito de una empresa se basa tanto en la calidad del flujo de sus procesos (información, documentación, materiales) como también en el efectivo funcionamiento de los elementos que los sustentan. Para poder optimizar de manera sostenible a los procesos es necesario garantizar la confiabilidad de los activos físicos y todos los elementos que influyen en su comportamiento, de modo que tanto las decisiones como las acciones que se acuerden realizar sobre estos, estén debidamente organizadas y sistematizadas [8].

La gestión de activos puede ser descrita como un proceso por medio del cual se optimiza el retorno de la inversión en un equipo y sus condiciones de desempeño, y se minimizan los costos de mantenimiento y operación a lo largo de su vida. La implementación de un sistema de gestión de activos en una organización es una herramienta necesaria e imprescindible que representa mayores niveles de disponibilidad, confiabilidad y calidad en la prestación del servicio.

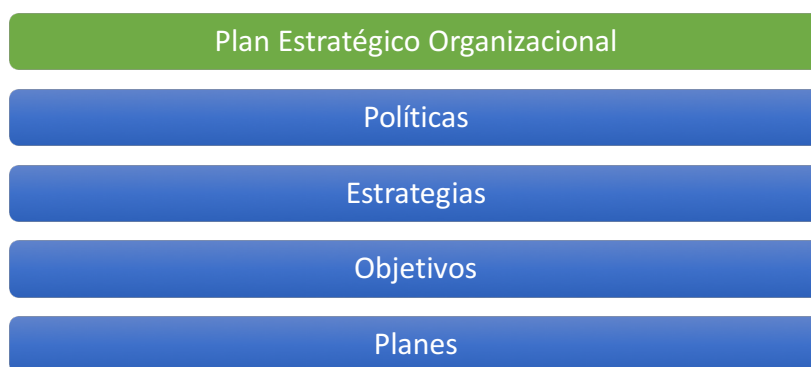
El sistema de gestión de activos permite definir las actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales manejar de manera óptima y sustentable los activos físicos, su riesgos y gastos a lo largo del ciclo de vida con el objetivo de cumplir con el plan estratégico organizacional (ver figura 1). De esta manera el sistema de gestión de activos resulta vital para asegurar que los principios de planificación del clico de vida, sean realmente implementados dentro de la organización.



El modelo de gestión de activos, no solo está direccionado a políticas de mantenimiento, es considerado un proceso crítico, inserto en la estrategia operacional, donde no solo son relevantes los costos, sino también el aporte real al negocio. La eficiencia en el costo de mantenimiento no está relacionada con bajas inversiones en el mismo, sino en buenas prácticas que permitan establecer un ciclo de vida de los activos de forma predeterminada y planificada regida por una estrategia basada en el desempeño del activo [7].

El Instituto de Gestión de Activos, (IAM, por sus siglas en inglés, -Institute of Asset Management), ha sido uno de los principales organismo lanzadores de esta tendencia. El IAM define la gestión de activos como “el arte y la ciencia de tomar las decisiones correctas y optimizar los procesos de selección, mantenimiento, inspección y renovación de los activos”.

La implementación de un sistema de gestión de activos, según la PAS 55, tiene como eje fundamental el establecer la necesidad de definir, documentar, implementar, mantener y mejorar unas políticas, estrategias, objetivos y planes asociados a la gestión de los activos y definir claramente su relación con el Plan Estratégico de la empresa a lo largo de todo el ciclo de vida de los activos. Estos 4 pilares se convierten en planes de acción con responsabilidades, autoridades y recursos asignados y son implementados en procesos y procedimientos funcionales para: crear/adquirir activos, utilizar/operar activos, mantener los activos, renovar/desincorporar los activos [9].



*Figura 1 Pilares en la gestión de activos*

## **4.2 POLÍTICAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS**

Plasma la expectativa corporativa alineándose a un objetivo supremo, definiendo claramente el principio y el enfoque de la organización. Debe estar basada en los compromisos con los grupos de interés, comprendiendo la organización y su contexto, contiene el alcance del sistema de gestión de activos alineando a todas las áreas de la empresa, adicionalmente debe ser consistente con la estructura global de

manejo de riesgo. Debe proveer una estructura para el desarrollo e implementación de la estrategia de gestión de activos y para fijar los objetivos de gestión de activos.

Define la intención corporativa alrededor de los activos físicos, dando orden a todos los emprendimientos que busquen obtener un mejor resultado de su gestión. La política debe ser alienada de acuerdo a las condiciones y a la naturaleza de los activos, por tal razón no es impositiva, debe ser adaptada a las necesidades de cada compañía [9].

### **4.3 ESTRATEGÍAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS**

Es el inicio de la materialización de la gestión de activos ya que muestra el cómo llegar a un nivel óptimo y sustentable. Según la definición de la PAS 55, es una aproximación optimizada a largo plazo de la gestión de activos, derivada de y consistente con, el plan estratégico organizacional y la política de gestión de activos. Se compone de las iniciativas a materializar sobre los activos, sistemas de activos y sistemas de gestión de activos [9]

### **4.4 OBJETIVOS Y PLANES DE GESTIÓN DE ACTIVOS**

Los objetivos de gestión de activos es el nivel detallado y medible del desempeño o condición requerida de los activos. Deben ser medibles, cuantificados y demostrados a medida que se logren. Deben ser consistentes con los compromisos de la organización enfocados a una mejora continua. Debe tener en cuenta las expectativas de las partes interesadas de manera que sea congruente con los requerimientos operacionales y financieros del negocio [9].

Los planes de gestión de activos son las acciones a realizar, las cuales serán detalladas para su implementación en un documento que especifique las actividades, recursos, responsabilidades y escalas de tiempo para implementar la estrategia y los objetivos de la gestión de activos. El plan debe incluir las siguientes actividades de ciclo de vida del activo: método de adquisición o mejora de activos, utilización de activos, mantenimiento de activos y puesta fuera de servicio y desincorporación de los activos [9].

### **4.5 BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS**

La implementación de un sistema de gestión de activos tiene como principal beneficio la reducción de costos, ya que al garantizar que los activos estén siempre

disponibles para la empresa, se reducen los tiempos muertos por maquinaria defectuosa, paradas de planta no planificada, accidentes e incidentes, se reduce el stock de los repuestos, se reducen las horas extras del personal de producción y mantenimiento, se reducen los costos de materia prima; es decir se eliminan los desperdicios originados por la falta de disponibilidad de los activos productivos [10].

Algunos beneficios adicionales resultados de la aplicación de un sistema de gestión de activos:

- Elevar la satisfacción de los clientes internos y externos al entregarles productos justos a tiempo y con calidad esperada.
- Mejorar la salud y seguridad organizacional.
- Optimizar el retorno sobre la inversión y crecimiento de la organización a través del buen desempeño de sus activos.
- Lograr procesos sistemáticos controlados para cumplir con las regulaciones y estatutos legales.
- Identificar a través de las auditorias, información para la toma de decisiones con respecto al riesgo.
- Mejorar la imagen corporativa que incluye: mejorar la producción y/o comercialización de los productos y servicios.
- Incrementar la satisfacción del personal y mejorar la eficiencia de la cadena de suministros.
- Organizar la gestión de mantenimiento enfocada a prácticas de clase mundial.

#### **4.6 CICLO DE VIDA EN ACTIVOS FÍSICOS**

El ciclo de vida de los activos nace desde la idea misma de realizar una actividad que involucrará activos en su desarrollo, pasa por las etapas de anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento, hasta su eventual reciclaje, descarte o disposición final (ver figura 2). En todas esas etapas, hay decisiones a tomar, información a seguir, costos a evaluar, registrar y considerar, repuestos a definir, capacitación de operadores y mantenedores a desarrollar, análisis que hacer referentes a distintos aspectos de la operación y el mantenimiento del activo. La adecuada consideración de todos esos factores es clave en el logro del objetivo de maximizar el ROA (Retorno Sobre los Activos) y minimizar el LCC (Costo de Ciclo de Vida), así como lograr los adecuados TIR (Tasas de Retorno sobre Inversiones) que hagan viables nuestros proyectos [3].

Ciclo de Vida de un Activo es todo lo que ocurre con el activo desde la idea con la cual se lo crea o incorpora a un proyecto, hasta el descarte final, reciclaje o venta del mismo. Incluye las siguientes etapas:

- Idea inicial y estudios preliminares.
- Evaluación del contexto total del proyecto, incluyendo estudios de factibilidad técnica, viabilidad económica e impacto ambiental.
- Planeamiento de todas las etapas que abarcará el proyecto. Anteproyecto, incluyendo toda la ingeniería básica necesaria.
- Proyecto de detalle y diseño de los procesos.
- Ejecución del proyecto de acuerdo a las etapas planificadas.
- Compra de los elementos necesarios y/o eventual manufactura de los mismos e instalación de todos los elementos de acuerdo al proyecto.
- Puesta en marcha, prueba de todas las instalaciones y aceptación de las mismas.
- Operación de las instalaciones, uso o consumo de los bienes o servicios.
- Evaluación de alternativas de aprovechamiento, incluyendo los posibles reciclajes o la eventual eliminación de los elementos de la instalación.
- Descarte, reciclaje o venta de la instalación.

Por otra parte la Gestión de Activos es el proceso global de gestión a través del cual consistentemente agregamos valor a la compañía mediante el uso y cuidado de los activos en todo el ciclo de vida. En la misma se parte de los objetivos del negocio, se definen las estrategias de los activos, se centra en el mantenimiento y la confiabilidad, con objetivo de optimizar todos los recursos. Se define también el Costo de Ciclo de Vida, el cual es la sumatoria de todos los costos asignables al activo (directos e indirectos, variables y fijos) desde los costos iniciales de proyecto y adquisición, hasta los costos de operación, mantenimiento y disposición final [3].



*Figura 2 Fases del ciclo de vida del activo*

El activar, coordinar ejecutar y articular estas 3 etapas o fases se conoce como “Gestión de Activos Físicos”.

## 5. NORMA PAS-55 E ISO-55000

### 5.1 LAS PAS 55

En el 2004 se publican las especificaciones British Standard PAS-55. En el 2008 el IAM y el BSI (British Standard Institute) publicaron las especificaciones actualizadas para la Gestión de Activos Físicos sobre todo su ciclo de vida, denominada PAS-55:2008, que corresponde a un conjunto de 28 puntos o especificaciones que debe tener un Sistema de Gestión de Activos para asegurar sostenibilidad y desempeño óptimo de sus activos. A partir del 2006, la estándar PAS-55 ganó reconocimiento y se extendió su uso en la industria, cuando la oficina regulatoria de gas y energía eléctrica del Reino Unido (UK Office of Gas and Electric Markets) recomienda fuertemente su uso en las empresas públicas que hacían parte de su red de operaciones.

Según la PAS-55 conceptualiza que la gestión de activos son actividades y prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja óptima y sustentablemente sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y gastos asociados a lo largo del ciclo de vida con el propósito de lograr su plan estratégico (ver figura 3).



Figura 3 Modelo conceptual de gestión de activos según PAS 55:2008

La PAS-55 abarca todos los elementos de la gestión de activos en las diferentes etapas del ciclo de vida, desde la ingeniería, operación, mantenimiento, y desincorporación de un activo

La norma PAS-55:2008 tiene dos partes, la primera parte describe los 28 requerimientos que debe tener un sistema de gestión de activos durante su ciclo de vida, así como también términos y definiciones relacionados con la gestión de activos; mas no lo que debe hacer o cómo hacerlo. No discrimina en los tipos de activos ni tampoco en su edad, no depende del tamaño de la empresa. Busca alinear los objetivos organizacionales con los objetivos de la gestión de activos. Ellos son independientes del sector comercial, industrial así como también no depende de su estructura. La segunda parte se relaciona con las directrices detalladas para la implementación de la PAS de acuerdo a los requerimientos [9].

### **5.1.1 ALCANCE**

La PAS-55 es aplicable a:

- Cualquier actividad empresarial en donde se dependa del desempeño de sus activos, del riesgo relacionado con su adquisición, utilización, mantenimiento y desincorporación. Por ejemplo las ensambladoras automotrices.
- Cualquier organización que tenga o intente administrar o invertir un importante portafolio de activos.
- Organizaciones en donde se exige realizar una rendición de cuentas para demostrar que se ha invertido de la mejor manera el dinero del estado en activos o servicios relacionados con ellos. Por ejemplo en salud, educación.

Es aplicable para cualquier tipo de actividad productiva, comercial o de servicio en la que sus activos físicos sean un aspecto crítico, es utilizada para la implementación, mantenimiento y mejoramiento de un sistema de gestión de activos [10].

### **5.1.2 EXTRUCTURA**

Un sistema de gestión de activos debe estar estructurado para apoyar el desarrollo del plan estratégico organizacional y satisfacer las expectativas de las diversas partes interesadas en la organización [9]. El plan estratégico organizacional es el punto de partida de la política, estrategia, objetivos y planes de la gestión de activos, destinados a alcanzar la combinación óptima de actividades a lo largo del ciclo de vida de los activos.

La PAS-55 tiene la estructura de las normas ISO, por lo tanto se basan en el ciclo de mejoramiento continuo: PLANEAR, HACER, VERIFICAR Y ACTUAR.

En la PLANIFICACIÓN se establecen las estrategias, objetivos y planes de gestión de activos que conducen a la consecuencia de los resultados enmarcados en la política de gestión de activos y en el plan estratégico.

El siguiente paso es HACER, aquí se establecen los controles y habilitadores para la gestión de activos y otros requerimientos necesarios , así como también la implementación de los planes de la gestión de activos.

Ya planificado y realizado todas las actividades relacionadas con la gestión de activos, el siguiente paso es la VERIFICACIÓN, aquí se monitorean y miden los resultados relacionados con la política de gestión de activos, objetivos estratégicos, legales y otros requerimiento; también se registran y se reportan los resultados.

En ACTUAR, se toman las decisiones para asegurar que los objetivos de la gestión de activos se logren y existe un proceso de mejoramiento continuo del sistema de gestión de activo. Para de esta manera empezar un nuevo ciclo con la definición de nuevas estrategias [10].



Figura 4 Estructura del sistema de gestión PAS 55:2008

En la figura 4 se observa como la PAS-55 relaciona cada uno de sus 28 requerimientos con los ciclos de mejoramiento continuo: Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

### 5.1.3 PRINCIPIOS Y ATRIBUTOS DE LA GESTION DE ACTIVOS

Según la PAS-55 la gestión de activos debe ser un sistema integral e integrado, comenzando por ser holístico, es decir basada en la integración total y global, que considere todos los factores y todos los aspectos. Debe ser sistemática ya que debe tener un enfoque metódico, promoviendo decisiones y acciones consistentes, que puedan auditarse y repetirse [9].

La gestión de activos físicos debe ser sistémica o sea que considere los activos físicos en su contexto de sistema de activos y optimice su valor. Se debe basar en el riesgo enfocándose en los recursos y gastos, estableciendo prioridades apropiadas a los riesgos identificados, a los costos y a los beneficios asociados. Debe ser óptima de manera que establezca el compromiso con el mejor valor entre los factores que compiten entre sí, tales como el desempeño, costo y riesgo asociado con los activos a través de sus ciclos de vida. Debe ser sustentable porque debe considerar las consecuencias a largo plazo asegurando que se tomen las decisiones adecuadas para los requerimientos y obligaciones futuras. Por último debe ser integrada para que reconozca las interdependencias vitales para el éxito [9].

## 5.2 ISO 55000

Esta es una nueva norma que define el estándar internacional para llevar la Gestión de Activos, se basa en la PAS 55 y surge de los éxitos de ésta, fue publicada el 15 de enero de 2014. La ISO 55000 está compuesta por 3 partes que se complementan entre sí.

- ISO 55000: Proporciona una visión global, conceptos y terminología de Gestión de Activos (es decir da el “por qué”).
- ISO 55001, Define los requerimientos para el establecimiento, implementación, manteniendo y mejora de un sistema de gestión de activos (es decir da el “que”).
- ISO 55002, proporciona una guía para la interpretación e implementación para un Sistema de Gestión de Activos (da el “como”).

La ISO 55000 proporciona orientación para su uso en cuanto a: el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión de activos; dirigido a las personas involucradas en la gestión de activos físicos, tanto internas como externas de la organización (ejemplo subcontratistas), que son consideradas como pilares para la implementación de la norma y su sostenibilidad.

La ISO 55000 contempla que la alta dirección, empleados y grupos de interés de una organización deben implementar la planificación de las actividades de control



(por ejemplo, políticas, procesos o acciones de seguimiento) para detectar las oportunidades de mejora continua y reducir los riesgos a un nivel aceptable [11].

La norma señala que la gestión de activos implica el equilibrio de los costos, riesgos y rendimiento de los activos, para lograr los objetivos de la organización. El equilibrio puede ser que necesite ser considerado en diferentes entornos del negocio. Además, la norma permite a una organización examinar las necesidades y el rendimiento de los activos y sistemas en los diferentes niveles. También permite la aplicación de los enfoques analíticos hacia la gestión de un activo a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo de vida “que puede comenzar con la concepción de la necesidad del activo (Adquisición o Diseño y Construcción), su eliminación e incluye la gestión de cualquier posible venta posterior de pasivos” [11].

### **5.2.2 ALCANCE**

En principio, esta Norma Internacional está destinada para que la usen:

- Aquellos involucrados en establecer, implementar, mantener y mejorar el sistema de gestión de activos.
- Aquellos involucrados en desarrollar actividades de gestión de activos y prestadores de servicios.
- Las partes internas y externas que evalúan la capacidad de la organización para cumplir con requisitos legales, regulatorios y contractuales y con los requisitos propios de la organización.

Esta norma está diseñada para permitir a la organización alinear e integrar su sistema de gestión de activos con los requisitos de otros sistemas de gestión relacionados, y tiene por objeto especificar los requisitos de un sistema de gestión de activos dentro del contexto de una organización. Se puede aplicar a todo tipo de activos y por organizaciones de todo tipo y tamaño, y está destinada a usarse en particular para la gestión de activos físicos, pero también se puede aplicar a otros tipos de activos [12].

### **5.2.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS**

A través de la implementación de la ISO 55000, una organización podría obtener las siguientes ventajas y beneficios [12]:

- Mejora el rendimiento financiero por mejora de la rentabilidad de las inversiones y la reducción de costos.
- Mejor información para toma de decisiones.
- Minimización de riesgos de operación.

- Mejora en productos y servicios.
- Demostración de responsabilidad social y del cumplimiento de requisitos legales.
- Mejora de la eficiencia y la eficacia.

En el desarrollo inicial del sistema de gestión de activos, la organización debe precisar cómo establecer, implementar, mantener y mejorar el sistema. Una revisión inicial de los procesos corrientes de la organización en contra de los requisitos de la ISO 55001 va a determinar las áreas que necesitan ser desarrolladas para apoyar el funcionamiento de un adecuado sistema de gestión de activos.

El sistema de gestión de activos no debe estar solo. Un factor de éxito de la Gestión de activos es la capacidad de integrar sus procesos, actividades y datos con las funciones de otra organización, por ejemplo, de calidad, de contabilidad, de seguridad, de riesgo y de recursos humanos [13].

Se debe considerar la manera de priorizar el desarrollo, ya que por lo general hay un límite en los recursos disponibles. La revisión puede guiar a la organización en la formulación del plan de implementación y dar prioridad a la mejora de su sistema de gestión de activos. Un punto de partida adecuado es el establecimiento de una política de gestión de activos, que a menudo ayuda a proporcionar un enfoque para la organización y para identificar sus intenciones. Después de esto, la organización debe desarrollar su plan estratégico de gestión de activos. Es importante aclarar y ser consciente de cualquier variación en la terminología entre la ISO 55 000 y la utilizada en la práctica común de la organización [13].

#### **5.2.4 ELEMENTOS Y REQUISITOS**

La norma señalada que la gestión de activos implica el equilibrio de los costos, riesgos y rendimiento de los activos, para lograr los objetivos de la organización. El equilibrio puede ser que necesite ser considerado en diferentes entornos del negocio. Además, la norma permite a una organización examinar las necesidades y el rendimiento de los activos y sistemas en los diferentes niveles. También permite la aplicación de los enfoques analíticos hacia la gestión de un activo a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo de vida “que puede comenzar con la concepción de la necesidad del activo (adquisición o diseño y construcción), su eliminación e incluye la gestión de cualquier posible venta posterior de pasivos” [11].

La norma hace una relación entre los términos clave, donde el sistema de gestión de activos es utilizado por la organización para dirigir, coordinar, controlar los activos y actividades de gestión, proporcionando un mejor control del riesgo y seguridad para los activos en su contexto.

Sin embargo, no toda la gestión de activos se puede formalizar a través de un sistema de gestión de activos. Por ejemplo aspectos como el liderazgo, la cultura, la motivación y el comportamiento, que pueden tener una influencia significativa en la realización de los objetivos de gestión de activos, pueden ser gestionado por la organización mediante ajustes fuera del sistema de gestión de activos [11].

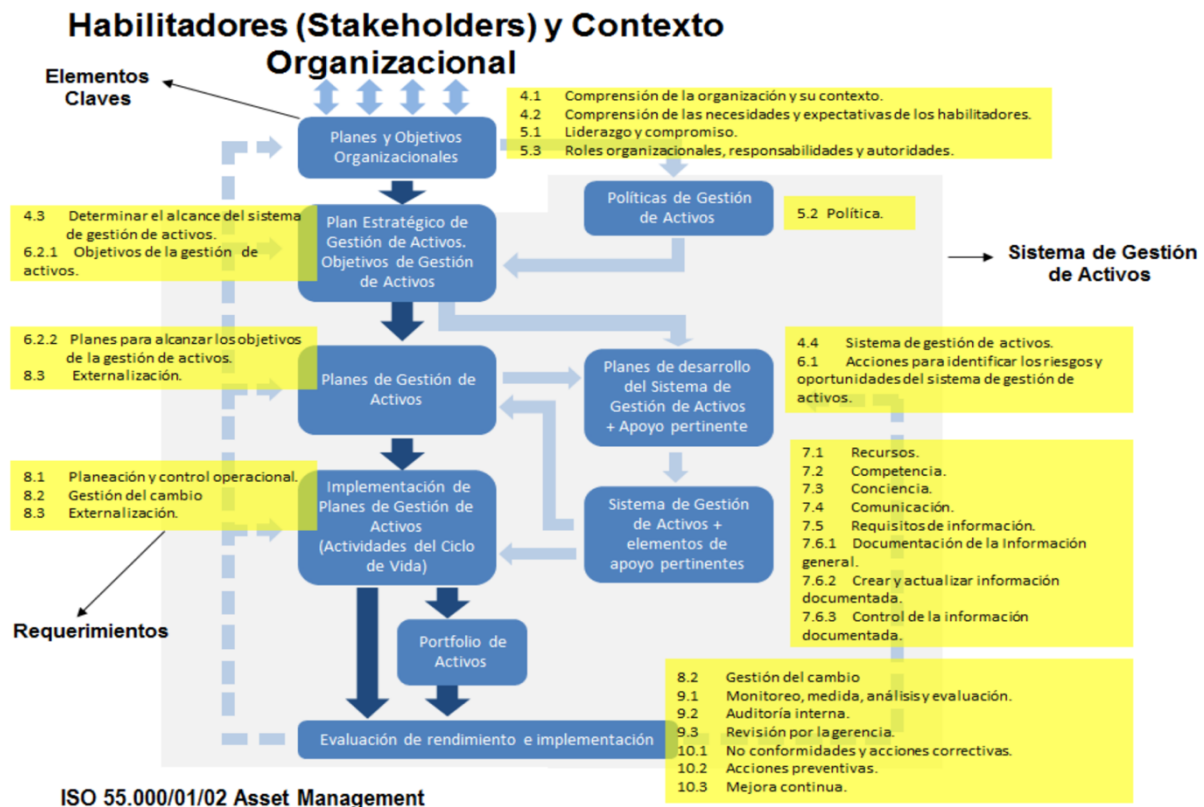


Figura 5 Elementos y requerimientos del sistema de Gestión de Activos ISO 55000

De acuerdo con la figura 5 la norma está compuesta por 10 elementos claves y 27 requerimientos, para cubrir el alcance del sistema de gestión de activos de una organización y los resultados de sus actividades de gestión de activos, donde se deben utilizar para definir el enfoque que permita el logro de sus objetivos organizacionales [11].

Los elementos clave y los requerimientos de la norma proporcionan el contexto y la dirección global de las actividades de la organización para la gestión adecuada de los activos, los objetivos de la organización se producen generalmente desde las actividades de planificación a nivel estratégico de la organización y se documentan en un plan de la organización [11].

### 5.3 ISO 55000 FRENTE A PAS 55

Destacando que, si bien sus enfoques son diferentes, tanto la Norma ISO 55000 como la PAS 55 tienen el mismo propósito de proporcionar una medida de las buenas prácticas aplicadas a la gestión de activos, entendiendo dicha gestión como la optimización de la vida del activo para ofrecer el rendimiento específico por la propiedad del mismo de una manera segura, socialmente beneficiosa y ambientalmente responsable.

La estructura de ambos documentos son análogas y basadas en el ciclo de mejora continua. Ambos proporcionan un marco de referencia que permite observar los costes de los activos, sus riesgos relacionados, el rendimiento que obtienen y la situación de los mismos a través de todo su ciclo de vida.

Desde su creación en 2004 (revisión del 2008), la especificación PAS 55 ha definido los requisitos para las buenas prácticas en la gestión de activos físicos. La nueva norma ISO 55000, apoyada en la PAS 55, establece los mismos requisitos, aunque muestra diferencias; una de las principales es el alcance del sistema de gestión de activos. Mientras que la PAS 55 se centra principalmente en los activos físicos, ISO 55001 se centra en los objetivos organizacionales a nivel “estratégico-táctico-operativo”, para la optimización de los procesos de coste-riesgo en la industria. Las características más importantes de la PAS 55 están bien representadas en la norma ISO 55000, e incluso ampliadas.

La estructura de la especificación de requisitos cambia de manera sustancial al seguir la norma ISO 55000, la terminología estandarizada y la estructura especificada por el Grupo de Coordinación Técnica de ISO. Todo ello acerca esta estructura a la que siguen otras normas de sistema de gestión, como la ISO 90001, ISO 14000, etc.

Los temas básicos que conforman PAS 55 se mantienen en el conjunto de la norma ISO 55000:

- Alineación de los objetivos organizacionales.
- Planificación de la gestión del ciclo de vida completo de los activos y colaboración interdisciplinar para lograr el mejor resultado del conjunto combinado de estas interrelaciones.
- Gestión de riesgo y toma de decisiones basadas en el riesgo.
- Habilitadores de la integración y la sostenibilidad, en particular el liderazgo, la consulta, la comunicación, el desarrollo de competencias y habilidades y la gestión de la información.

Por otra parte, la norma ISO 55001 ofrece criterios mínimos para el desarrollo de las actividades sugeridas, proporcionados en ISO 55002, sobre la interpretación y

orientación para la implementación de las actividades del sistema. Estos criterios mínimos no siempre se indican en PAS 55 [14].

## **6. AUTOMATISMOS**

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

Desde el inicio de los tiempos, los seres humanos aplicaron su ingenio en la invención y el desarrollo de máquinas que les permitieran mitigar el esfuerzo físico ocasionado en sus labores diarias. Estas máquinas se componían de un conjunto de piezas o elementos que permitían, a partir de la aplicación de una cierta energía, transformarla o restituirla en otra más adecuada o, bien, producir un determinado trabajo o efecto.

Más tarde tuvieron la necesidad de construir mecanismos capaces de ejecutar tareas repetitivas y de controlar determinadas operaciones sin la intervención de un operador humano, lo que dio lugar a los llamados automatismos.

La historia industrial reciente está marcada por logros tecnológicos que se desencadenan a partir de importantes aportaciones en el área de los automatismos.

- En 1788 el ingeniero escocés James Watt (1736-1819) aplicó sus conocimientos de mecánica en la construcción del primer regulador centrífugo que permitía vincular el movimiento, o la velocidad, con la presión en las máquinas de vapor.
- También es importante la contribución al desarrollo industrial que se produjo en 1801 cuando el industrial textil e inventor francés Joseph-Marie Jacquard (1752-1834) revolucionó el uso del telar automático, lo que permitió programar las puntadas del tejido.
- Sin embargo, no sería hasta 1946 cuando surge la palabra automatización. Se le atribuye a D.S. Harder, de la Ford Motor Company, que la utilizó por primera vez al referirse al sistema de fabricación encadena que años atrás, en 1913, había implantado la compañía Ford en su factoría de Highland Park.

En un contexto actual debemos entender por automatización el proceso de diseño, realización y/o explotación de sistemas que emplean y combinan la capacidad de las máquinas para realizar tareas y controlar secuencias de operaciones sin la intervención humana.

La automatización combina la aplicación conjunta de la tecnología eléctrica, electrónica, neumática, hidráulica y/o mecánica para transformar un gran número de procesos de fabricación.

Su difusión en el campo de la industria contribuye a disminuir los costes de producción, elimina el trabajo monótono y reclama grandes inversiones de capital que revierten en nuevas instalaciones y en la preparación de técnicos especializados [1].

El concepto de control es amplio, abarcando desde un simple interruptor que gobierna el encendido de una bombilla, hasta el más complejo ordenador de proceso. Se puede definir el control como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema denominado planta a través de otro sistema llamado sistema de control.

Los primeros sistemas de control se desarrollaron con la revolución industrial de finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Al principio, se basaron casi exclusivamente en componentes mecánicos y electromecánicos, básicamente engranajes, palancas, relés y pequeños motores, pero a partir de los años cincuenta empezaron a emplearse los semiconductores, que permitían el diseño de sistemas de menor tamaño y consumo, más rápidos y con menor desgaste.

En la década de los setenta, la complejidad y las prestaciones de los sistemas de control se incrementaron gracias al empleo de circuitos integrados y en particular los de tipo programable (sistemas basados en microprocesadores).

Al tiempo que se desarrollaban los circuitos integrados, también lo hacían los ordenadores digitales, estos últimos se empleaban en la industria en el control de procesos muy complejos debido a su alto costo, necesidad de personal especializado y la poca facilidad de interconexión con el proceso, por las tensiones y corrientes fuertes, para las cuales el ordenador no suele estar preparado.

La demanda en la industria de un sistema económico, robusto, flexible, fácilmente modificable y con mayor facilidad para tratar con tensiones y corrientes fuertes de la que tenía el ordenador, hizo que se desarrollasen los autónomas programables (API de las siglas en español o PLC de las siglas en inglés) [15].

Los primeros autónomas pretendían, básicamente, sustituir a los sistemas convencionales con relés o circuitos lógicos. Los autónomas actuales han mejorado sus prestaciones respecto a los primeros en muchos aspectos, pero fundamentalmente a base de incorporar un juego de instrucciones más potente, mejorar la velocidad de respuesta y dotar al autónoma de capacidad de comunicación. Los juegos de instrucciones incluyen actualmente, aparte de las operaciones lógicas con bits, temporizadores y contadores, otra serie de operaciones lógicas con palabras, operaciones aritméticas, tratamiento de señales analógicas y una serie de funciones de comunicación y de control, todo esto ha potenciado su aplicación masiva al control industrial [15].

## 6.2 SISTEMAS DE CONTROL

El objetivo de un sistema de control es el de gobernar la respuesta de una planta, sin que un operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida. Dicho operador manipula únicamente las magnitudes denominadas de consigna y el sistema de control se encarga de gobernar dicha salida a través de los accionamientos.

El concepto lleva de alguna forma implícito que el sistema de control opera, en general, con magnitudes de baja potencia, llamadas genéricamente señales, y gobierna unos accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada a la planta.

Según lo anterior el conjunto de sistema de control y accionamiento se limita a ser un convertidor amplificador de potencia que ejecuta las ordenes dadas a través de las magnitudes de consigna. Este tipo de sistema de control se denomina en *lazo abierto*, por el hecho que no recibe ningún tipo de información del comportamiento de la planta.

Lo habitual, es que el sistema de control se encargue de la toma de ciertas decisiones ante determinados comportamientos de la planta, caso en el cual se habla entonces de sistemas automáticos de control. Para ello se requiere la existencia de unos sensores que detecten el comportamiento de la planta y de unas interfaces para adaptar las señales de los sensores a las entradas del sistema de control, este tipo de sistemas se denomina en *lazo cerrado*.

Podemos entonces dividir el sistema de control en los siguientes bloques:

- Unidad de control.
- Accionamientos.
- Sensores.
- Interfaces.

Cabe indicar aquí que el papel del autónoma programable dentro del sistema de control es el de unidad de control, aunque suele incluir también, totalmente o en parte, las interfaces con las señales de proceso.

Al conjunto de señales de consigna y de realimentación que entran a la unidad de control se les denomina genéricamente entradas y al conjunto de señales de control obtenidas salidas [15].

## 6.3 COMPONENTES DE LOS AUTOMATISMOS

Básicamente, los elementos o dispositivos que constituyen un automatismo (ver figura 6) son los siguientes:

**MÁQUINA O PLANTA.** Es el elemento principal objeto del control automático. Puede estar constituido por un único aparato (motor eléctrico, bomba hidráulica, compresor de aire, máquina herramienta, etc.) o por un conjunto de dispositivos dispuestos en planta con una finalidad concreta (climatización de zona, sistema de riego, cinta transportadora, etc.).

**FUENTE DE ENERGÍA.** Es el medio empleado para realizar el control. En un automatismo eléctrico este medio lo constituye la energía eléctrica aplicada en sus distintas formas, como las tensiones continuas o alternas de baja potencia para la alimentación de dispositivos de control y señalización (alimentación secundaria) y/o aquellas otras de mayor potencia utilizadas para mover las máquinas o actuar sobre las plantas (alimentación primaria).

**CONTROLADOR O AUTÓMATA.** Es el dispositivo o conjunto de dispositivos encargados de establecer el criterio de control. Partiendo de la señal proporcionada por el detector o sensor enclavado en la máquina o planta, y de acuerdo con las indicaciones del operador o de algún criterio de actuación previamente definido, determina la correspondiente señal de control que debe ser aplicada al actuador para mantener la máquina o la planta en las condiciones de funcionamiento previstas.

**ACTUADOR.** Es el dispositivo utilizado para modificar la aportación de energía que se suministra a la máquina o a la planta. El mayor o menor aporte energético que provoca el actuador está en consonancia con la señal de control que le suministra el controlador.

**SENSOR.** Es el elemento empleado para medir o detectar la magnitud de la variable que deseamos controlar. Adquiere o detecta el nivel del parámetro objeto de control y envía la correspondiente señal, habitualmente eléctrica, al dispositivo controlador.

**OPERADOR.** Es el conjunto de elementos de mando y señalización que facilita el intercambio de información entre personas y automatismos para modificar o corregir las condiciones de actuación de la máquina o planta bajo control.

El conjunto de dispositivos que formen los bloques sensor y controlador se denomina circuito de control. El conjunto constituido por el actuador y la máquina, circuito de potencia (también se llama de fuerza o principal). El bloque encargado de generar las alimentaciones primaria y secundaria recibe el nombre de circuito de alimentación [1].



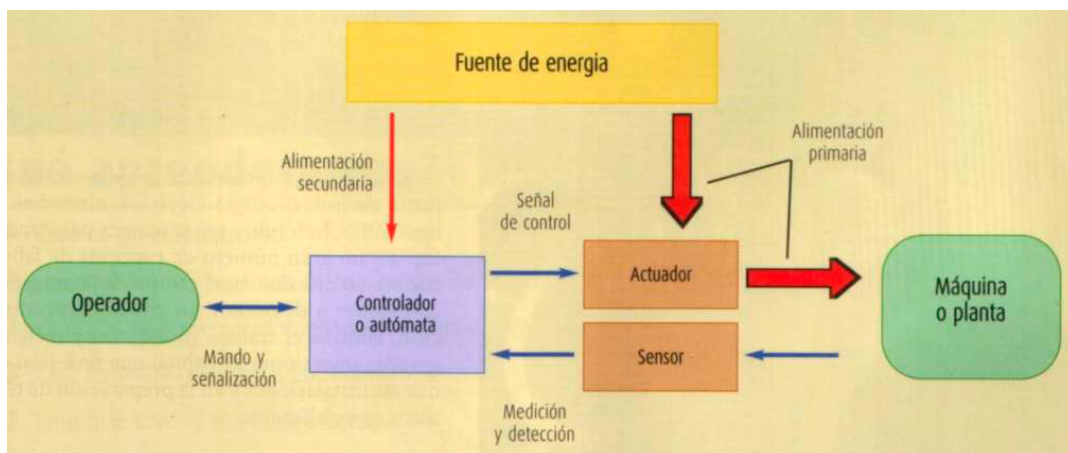


Figura 6 Componentes de los automatismos [1]

## 6.4 AUTOMATISMOS CABLEADOS Y ROGRAMABLES

**AUTOMATISMOS CABLEADOS:** Toma su nombre de la naturaleza de las conexiones empleadas entre los diferentes componentes individuales que intervienen en el sistema. Si los elementos son de origen eléctrico, entonces la conexión entre relés, interruptores, finales de carrera, etc., se realiza mediante conductores eléctricos. Si los elementos son de origen electrónico, entonces la conexión entre las compuertas lógicas se realiza mediante caminos conductores. En las tecnologías neumática e hidráulica, las conexiones entre los elementos se realizan mediante ductos por entre los cuales corre el elemento fluídico. Todas estas tecnologías se basan en órganos de mando del tipo “todo o nada”. Según el sistema, esta consideración de “todo o nada” se puede relacionar con “abierto o cerrado”, “caliente o frío”, “conduce o no conduce”, “verdadero o falso”. En analogía a los órganos de mando, los órganos receptores no pueden encontrarse más que en dos estados posibles “alimentados o no alimentados” [16].

**AUTOMATISMOS PROGRAMABLES:** Con el advenimiento de la tecnología de los microprocesadores y los sistemas subsiguientes desarrollados a partir de estos, como es el caso de los controladores lógicos, los autómatas programables y el computador, se logró, y se continúa mejorando constantemente, un alto nivel de integración en los componentes electrónicos, con lo cual esta tecnología allana cada día más la posibilidad de integración de sistemas de diversificada naturaleza, entrega la capacidad de realizar cálculos de orden científico y la implementación de complejos algoritmos en arquitecturas de control distribuidas e inmersas en variados sistemas de gestión y comunicación. Los PLCs se han mostrado como la base sobre la cual se fundamentan estos sistemas, pero además han aparecido las computadoras digitales

como competencia directa gracias a las velocidades de procesamiento y los costos reducidos logrados y divisados hacia un futuro [16].

## **7. GUIA GEMMA**

En un proceso productivo automatizado, aparecen contingencias que hacen parar el proceso, como por ejemplo averías, material defectuoso, falta de piezas, mantenimiento, etc. En los automatismos, estas contingencias son previsibles y el propio automatismo está preparado para detectar defectos y averías y colaborar en la puesta a punto, reparación y otras tareas no propias del proceso productivo normal.

Para fijar una forma universal de denominar y definir los diferentes estados que puede tener un sistema, la ADEPA (Agence nationale pour le DÉveloppement de la Productique Appliquée à l'industrie, Agencia nacional francesa para el desarrollo de la producción aplicada a la industria) ha preparado la guía GEMMA (Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts, Guía de estudio de los modos de marchas y paradas) [17].

GEMMA es una guía gráfica que presenta, los diferentes modos de marcha de una instalación de producción así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro.

Un automatismo consta de dos partes fundamentales: el sistema de producción y el sistema de control. El sistema de producción puede encontrarse en tres situaciones, en las cuales el sistema puede estar o no produciendo:

- En funcionamiento, por tanto está en producción.
- Parado o en proceso de parada.
- En defecto, donde el producto derivado no es aprovechable o lo es, si se manipula adecuadamente a posteriori.

La GEMMA representa cada una de las cuatro situaciones (sin alimentar, funcionamiento, parada y defecto) (ver figura 7), mediante sendos rectángulos y la producción mediante un quinto rectángulo que se interseca con los tres rectángulos principales.

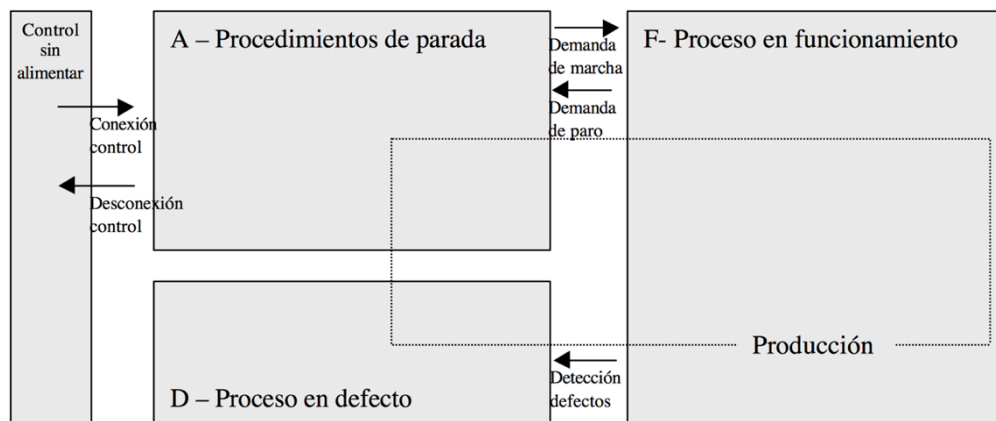
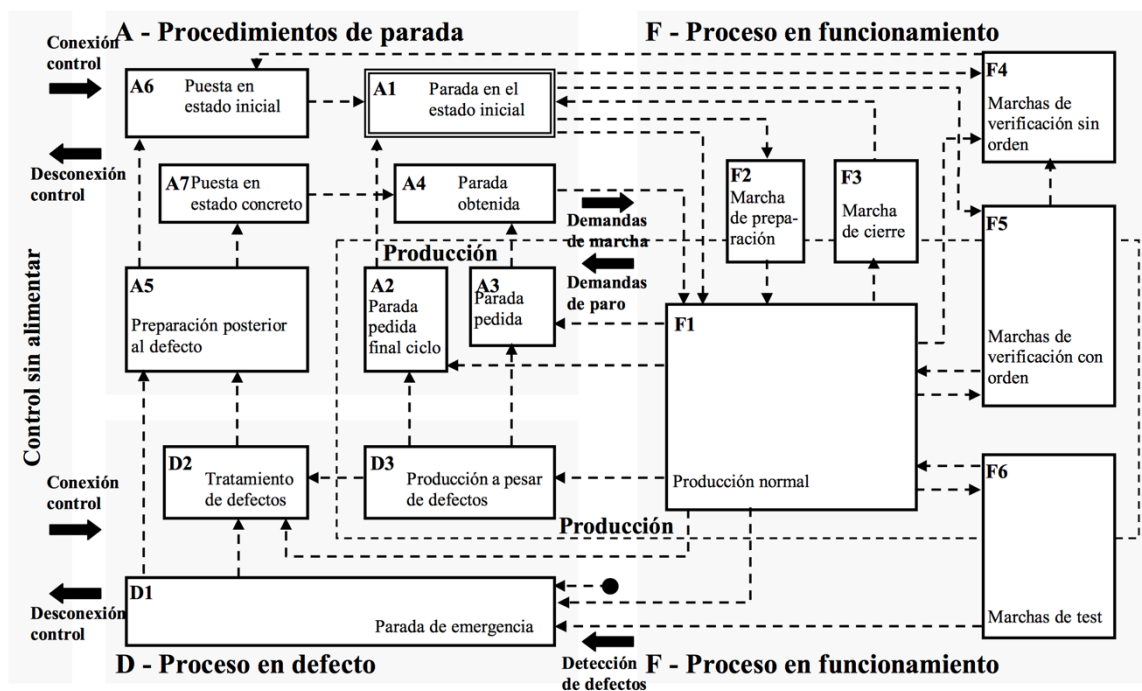


Figura 7 Modos o estados de funcionamiento básicos

Cada una de estas situaciones se subdividir en varias de forma que, al final, hay 17 estados de funcionamiento posibles (ver figura 8).



*Figura 8 Representación gráfica de la guía Gemma*

### Grupo F: Procedimientos de funcionamiento

- *F1 Producción normal.* Estado en el que la máquina produce normalmente.
- *F2 Marcha de preparación.* Corresponde a la preparación de la máquina para el funcionamiento (precalentamiento, preparación de componentes, etc.).

- *F3 Marcha de cierre.* Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que muchas máquinas han de realizar antes de parar o de cambiar algunas características del producto.
- *F4 Marchas de verificación sin orden.* En este caso la máquina, normalmente por orden del operador, puede realizar cualquier movimiento (o unos determinados movimientos preestablecidos). Se usa para tareas de mantenimiento y verificación.
- *F5 Marchas de verificación en orden.* En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se usa para tareas de mantenimiento y verificación. En este estado existe la posibilidad de que la máquina produzca.
- *F6 Marchas de prueba.* Permiten realizar las operaciones de ajuste y de mantenimiento preventivo.

#### **Grupo A: Procedimientos de parada**

- *A1 Parada en el estado inicial.* Estado normal de reposo de la máquina. Se representa con un rectángulo doble.
- *A2 Parada pedida a final de ciclo.* Estado transitorio en el que la máquina, que hasta aquel momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta acabar el ciclo actual y pasar a estar parada en el estado inicial.
- *A3 Parada pedida en un estado determinado.* Estado transitorio en el que la máquina, debe producir sólo hasta llegar a un punto del ciclo diferente del estado inicial.
- *A4 Parada obtenida.* Estado de reposo de la máquina diferente del estado inicial.
- *A5 Preparación para la puesta en marcha después del defecto.* Corresponde a la fase de vaciado, limpieza o puesta en orden que en muchos casos se ha de hacer después de un defecto.
- *A6 Puesta del sistema en el estado inicial.* El sistema es llevado hasta la situación inicial (A1), desde situaciones diferentes a la producción (accionamientos manuales o semiautomáticos).
- *A7 Puesta del sistema en un estado determinado.* El sistema es llevado hasta una situación concreta diferente de la inicial; una vez realizado, la máquina pasa a estar parada.

### **Grupo D: Procedimientos de defecto**

- *D1 Parada de emergencia.* Contiene todas aquellas acciones necesarias para llevar el sistema a una situación de parada segura.
- *D2 Diagnóstico y/o tratamiento de los defectos.* Permite, con o sin ayuda del operador, determinar las causas del defecto y eliminarlas.
- *D3 Producción a pesar de los defectos.* Corresponde a aquellos casos en los que se debe continuar produciendo a pesar de que el sistema no trabaja correctamente.

El estado D1 (parada de emergencia) tiene un camino de entrada que parece no venir de ningún sitio. Este camino indica que en la mayoría de casos se puede pasar a este estado desde cualquier otro pero en todos los caminos de este tipo suele haber las mismas condiciones; para no complicar el diagrama se deja de esta forma y el diseñador añadirá las especificaciones necesarias [17]

## **8. NORMAS DE SEGURIDAD EN MAQUINARIA**

Los principios generales de diseño de máquinas seguras son simples y forman una cadena lógica de fácil aplicación. Primero han de analizarse todos los peligros existentes en la máquina y evaluar los riesgos asociados a estos peligros. Cuando estos riesgos sobrepasen un riesgo tolerable, se deben aplicar medidas para eliminar o reducir estos riesgos, con el fin de proteger al usuario de los daños posibles a su salud e integridad física.

Las Normas relativas a la seguridad de Maquinaria presentan un caso especial, debido a la necesidad imperativa de la inclusión de la seguridad por medio de requisitos mandatorios. Una norma de seguridad no solamente ha de contener estos requisitos, más aun, estos han de ser precisos y verificables. Este contenido de carácter obligatorio tiene que ser prioritario con respecto a requisitos facultativos.

En el sistema de normativa ISO se distinguen tres tipos de normas:

- Norma tipo A (norma esencial de seguridad) precisa nociones fundamentales, principios para el diseño y aspectos generales que pueden ser aplicados a todos los tipos de máquinas.
- Norma tipo B (norma de funciones de seguridad) trata sobre un aspecto de la seguridad o de dispositivos de protección que pueden utilizarse en una amplia gama de máquinas. Las normas tipo B se dividen, a su vez, en: normas tipo B1 para aspectos específicos de seguridad, p. ej. la seguridad eléctrica de máquinas, las distancias de seguridad y los requisitos para sistemas de control normas tipo B2 para dispositivos de seguridad, p. ej. mandos bimanuales, dispositivos físicos de protección y equipos de protección electrosensitivos.

- Norma de tipo C (norma para maquinaria específica) da detalladas prescripciones de seguridad para una maquina particular o para un grupo de máquinas. Tiene prioridad sobre Normas tipo A y B, así como requisitos inferiores a los de Normas Tipo B o referir a estas.

En el caso de las Normas Europeas, a partir de 1991, ISO y CEN, la comisión europea de normalización, elaboran el acuerdo de Viena (Vienna Agreement) por el cual se comprometen a coordinar la creación de nuevas normas, de manera que estas se desarrollan en un solo comité técnico (generalmente ISO) y sus documentos únicos, se presentan simultáneamente (parallel enquiry) a los países miembros para su aceptación. Bajo el acuerdo de Dresde (Dresden Agreement) IEC y CENELEC colaboran de manera parecida en la elaboración de las normas electrotécnicas. De esta manera se evita la duplicidad de proyectos de Norma aumentando considerablemente la eficacia de los recursos aplicados [18].

### **8.1 UNE-EN ISO 12100:2012 SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS. PRINCIPIOS GENERALES PARA EL DISEÑO. EVALUACIÓN DEL RIESGO Y REDUCCIÓN DEL RIESGO.**

ISO 12100 es la única Norma ISO de Tipo A. Para ayudar al fabricante a diseñar una máquina segura, ISO 12100 define y describe el proceso de evaluación de riesgos, una serie de pasos lógicos que permiten el análisis y la valoración sistemática de los riesgos. La máquina debe diseñarse y fabricarse teniendo en cuenta los resultados de esta evaluación (ver figura 9).

La evaluación de riesgos ha de efectuarse para cada uno de los peligros existentes en la máquina. El proceso (iterativo) debe tener en cuenta todos los peligros y riesgos hasta que el riesgo residual sea nulo o tolerable. La evaluación de riesgos se inicia estableciendo los límites de la máquina, ya sean estos funcionales, espacio-temporales o límites de uso/utilización. Con respecto a los límites de uso, se ha de tener en cuenta no solo el uso correcto sino sobre todo el uso incorrecto razonablemente previsible y las perturbaciones previsibles en la función de la máquina. El siguiente paso es identificar los peligros (mecánicos, eléctricos, térmicos, etc.) existentes en la máquina, teniendo en cuenta todas las fases de la vida útil de la máquina (Producción, mantenimiento, limpieza, búsqueda de fallos, etc.). Tras la estimación de cada riesgo teniendo en cuenta la gravedad del daño posible, la exposición al peligro y la probabilidad de ocurrencia del daño asumido, el fabricante de maquinaria ha de decidir si el riesgo supera un nivel tolerable (evaluación del riesgo). En ese caso, se deberá lograr una eliminación o reducción de los mismos aplicando medidas de protección adecuadas. La aplicación de estas medidas de

protección no debe comportar la aparición de nuevos riesgos siempre que sea posible. Tras aplicar una medida de protección es necesario repetir el proceso completo de evaluación y reducción de riesgos hasta eliminar todos los peligros posibles y reducir suficientemente los riesgos detectados a un nivel tolerable.

A la hora de aplicar las medidas de protección, el fabricante de la máquina debe aplicar éstas en el orden exacto en que se indican (método de los tres pasos):

- Eliminar o minimizar los riesgos en la medida de lo posible por construcción (integración de la seguridad en el diseño, también denominado diseño inherente seguro o aplicación de medidas de protección intrínsecas)
- Aplicar medidas de protección técnicas necesarias contra los riesgos que no puedan eliminarse o reducirse por diseño
- Informar de los riesgos que no han podido ser reducidos totalmente (riesgos residuales) a los usuarios [18].

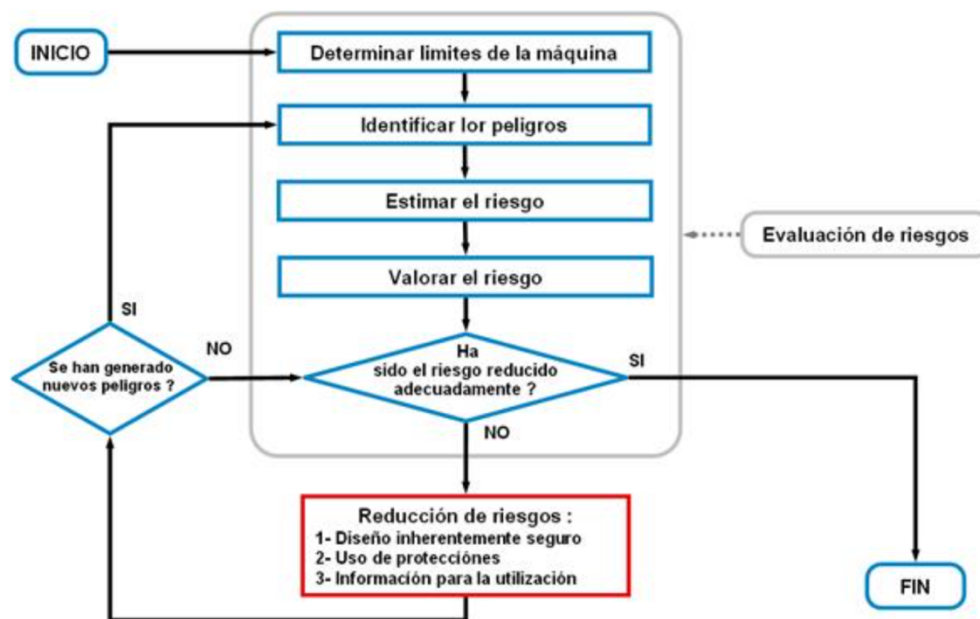


Figura 9 Proceso de la evaluación y reducción de riesgo de acuerdo con ISO 12100

Esta norma internacional especifica la terminología básica, los principios y una metodología para lograr la seguridad en el diseño de las máquinas. Especifica los principios de evaluación del riesgo y reducción del riesgo para ayudar a los diseñadores a alcanzar este objetivo. Estos principios están basados en el conocimiento y la experiencia en el diseño, utilización, incidentes, accidentes y riesgos asociados con las máquinas. Se describen los procedimientos para la identificación de peligros y la estimación y valoración de los riesgos durante las fases relevantes del ciclo de vida de las máquinas, y para la eliminación de los peligros o la provisión de la

reducción del riesgo adecuada. Se proporcionan directrices sobre la documentación y la verificación de la evaluación del riesgo y el proceso de reducción del riesgo [19].

Con la norma ISO 12100 tendremos entre otros los siguientes beneficios:

- Formalizar procedimientos para aprovechar al máximo los conocimientos y experiencias en el diseño de máquinas.
- Incluir en los principios de diseño los criterios necesarios para evitar los riesgos en su utilización, minimizando las posibilidades de que ocurran incidentes y accidentes.
- Evaluación de peligros y riesgos durante el ciclo completo de vida de la máquina.
- Instauración de un proceso documental para la verificación de las evaluación del riesgo y los procesos de reducción del mismo.

ISO 12100-2010, Seguridad de la maquinaria: Principios generales del diseño, Evaluación y reducción de riesgos, reemplazó ISO 12100-1:2003, ISO 12100- 2:2003 e ISO 14121-1:2007 (ISO, 2010a).

Está organizada en siete cláusulas y tres anexos. Las primeras tres cláusulas abordan el ámbito, referencias normativas y términos y definiciones. La cláusula 4 aborda la evaluación de riesgos y la estrategia para reducirlos. Las cláusulas 5 y 6 analizan la evaluación y reducción de riesgos. La cláusula 7 describe la documentación para las actividades de las cláusulas 5 y 6.

Durante la estimación de riesgos, ISO 12100 advierte específicamente acerca de la posibilidad de infringir o eludir las medidas protectoras en cuatro situaciones:

- La medida protectora hace más lenta la producción o interfiere con otra actividad o preferencia del usuario.
- La medida protectora es difícil de utilizar.
- Intervienen personas distintas al operador.
- La medida protectora no es reconocida por el usuario o no es aceptada como apta para su función.

Durante el proceso iterativo de estimación, evaluación y reducción de riesgos, los involucrados deben tener cuidado de no introducir un nuevo riesgo causado por las nuevas medidas protectoras. ISO 12100 no utiliza el término riesgo aceptable; en cambio, menciona adecuada reducción de riesgos. En esta norma, la reducción de riesgos se organiza en el contexto de un método de tres pasos:

- 1) métodos de diseño inherentemente seguros.
- 2) medidas de resguardo y/o complementarias.
- 3) información para el uso.



## **8.2 NORMAS IEC61508 E IEC61511**

La industria de procesos contiene riesgos, tal que los trabajadores, la maquinaria, los equipos y el medio ambiente están en una situación constante de exposición a daños consecuencia de estos riesgos. Cada riesgo contiene un evento iniciador, y una determinada severidad de consecuencias si el mismo es iniciado.

Para minimizar la presencia del evento iniciador del riesgo y/o para mitigar las consecuencias del riesgo iniciado se implementan medidas de seguridad, las cuales contienen una función de seguridad y un nivel de certidumbre y/o de integridad que garantizará la acción de la función de seguridad si es demandada por el riesgo.

Si la medida de seguridad contiene dispositivos eléctricos, electrónicos y/o electrónicos programables se denomina Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS por sus siglas en inglés), con Funciones Instrumentadas de Seguridad (SIF por sus siglas en inglés), con un Nivel de Integridad de Seguridad (SIL por sus siglas en inglés); y sus características desde su concepción hasta el desmantelamiento se registrarán por las normas internacionales IEC 61508 e IEC 61511.

Los Sistemas Instrumentados de Seguridad son sistemas automatizados, diseñados a prueba de fallas, con requerimientos de confiabilidad y disponibilidad certificada por laboratorios especializados. Están constituidos por lazos de seguridad conformados por sensores, controladores lógicos y elementos finales de seguridad, independientes de los utilizados por los Sistemas Básicos de Control.

Los Sistemas Instrumentados de Seguridad aplican normalmente a variables críticas y situaciones cuyo descontrol no puede ser atendida por el operador humano debido a su complejidad, velocidad de desarrollo, y que requieren detectarse de manera temprana y oportuna.

Los Sistemas Instrumentados de Seguridad no son aptos para el control del proceso y no sirven para este objeto. Son sistemas paralelos diseñados para actuar por seguridad, por lo que se impone la independencia de estos sistemas de seguridad de los sistemas de regulación y control. Y en caso de situaciones de emergencia, operará automáticamente para llevar a la planta de proceso y sus equipos a un estado de riesgo remanente aceptado. Estos sistemas pondrán fuera de servicio los equipos, áreas del proceso y la planta misma si es requerido dentro de su estrategia de seguridad (software de seguridad). Estos sistemas deberán apegarse a los requisitos de seguridad funcional establecidos en las normas técnicas internacionales IEC-61508, IEC-61511 e ISA/ANSI S84.01 para su fabricación, diseño de aplicaciones, manejo por integradores y uso y mantenimiento por el usuario final.

Puesto que muchos países tenían normas distintas, y con muy variadas nomenclaturas, para el correcto funcionamiento de dispositivos de seguridad, se emitió en el año de 1998 una norma de requisitos básicos con acreditación

internacional a través de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC por sus siglas en inglés) con sede en Génova, Suiza. Esta norma, válida para todo el mundo es la IEC 61508 “Seguridad Funcional de los Sistemas Eléctricos/ Electrónicos/ Electrónicos Programables relacionados a la Seguridad”.

A partir de la norma base IEC 61508 nacieron una serie de normas de aplicación para diferentes ramas y necesidades de la industria, en las que se definieron los requisitos organizacionales y técnicos exigidos a las instalaciones de seguridad y a su implementación [20].

En Agosto de 2004 se aprobó la norma IEC 61511 la cual es una norma de aplicaciones unificada para la industria de procesos.

Las Normas IEC 61508 e IEC 61511 se han de emplear en sistemas relacionados con la seguridad si éstos contienen uno o más de los dispositivos siguientes:

- Dispositivos eléctricos (E)
- Dispositivos electrónicos (E)
- Dispositivos electrónicos programables (EP)

### **8.2.1 NORMA IEC 61508**

La norma industrial internacional IEC 61508 “Seguridad Funcional de los Sistemas Eléctricos/Electrónicos/Electrónicos Programables relacionados a la Seguridad” dirigida a los diseñadores y fabricantes de equipos, establece que un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) está compuesto por Funciones Instrumentadas de Seguridad (SIF). Cada Función Instrumentada de Seguridad SIF es un lazo de seguridad compuesto de tres elementos principales: Un elemento primario de medición (sensor-transmisor), un solucionador lógico, y un elemento final (Actuador de Seguridad). El propósito de la Función Instrumentada de Seguridad SIF, medida de seguridad, es el de llevar el proceso industrial a un estado seguro (riesgo remanente aceptado) cuando se han violado condiciones extremas predeterminadas.

El Solucionador Lógico del Sistema SIS puede integrar y desarrollar una ó más Funciones Instrumentadas de Seguridad SIF, las cuales cuentan con un Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) específico. Las normas establecen 4 niveles para el Nivel de Integridad de Seguridad, los cuales son SIL 1, SIL 2, SIL 3 ó SIL 4 (el SIL 4 es para aplicaciones nucleares).

El nivel SIL 1 es el que establece más bajas especificaciones y el nivel SIL 4 el que establece mayores especificaciones. Dado que el nivel SIL representa el grado de certidumbre requerido para el desempeño de la Función Instrumentada de Seguridad, IEC 61508 determina que el nivel SIL varía en función no solo del diseño

y proceso constructivo de los equipos que conforman el Lazo de Seguridad, sino también del factor de cobertura del diagnóstico de fallas que suministren estos equipos. En otras palabras, sin diagnósticos el SIL es bajo, pero se eleva cuando se provee diagnóstico en tiempo real del equipo, así como el intervalo de ejecución de pruebas del funcionamiento adecuado (intervalo de pruebas), de la velocidad de respuesta y del tiempo medio de reparación de fallas [20].

IEC 61508, consiste de 7 partes:

- IEC 61508-1 Requisitos generales.
- IEC 61508-2 Requisitos de los sistemas eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relacionados a seguridad.
- IEC 61508-3 Requisitos de software.
- IEC 61508-4 Definiciones y abreviaturas.
- IEC 61508-5 Ejemplos de métodos para la determinación de niveles de integridad de seguridad.
- IEC 61508-6 Guías para la aplicación de IEC 61508-2 e IEC 61508-3.
- IEC 61508-7 Revisión de técnicas y medidas.

### **8.2.2 NORMA IEC 61511**

La norma IEC 61511 “Seguridad funcional, Sistemas Instrumentados de Seguridad para el Sector de la Industria de Transformación” dirigida a los usuarios finales, establece que éstos deben cumplir un ciclo de vida del SIS, el cual incluye el análisis actualizado del riesgo, diseño, instalación, comisionamiento, validación, operación, mantenimiento, modificaciones y desmantelamiento del SIS.

Este ciclo requiere la implementación de procedimientos operativos de trabajo (manual de procedimientos), la documentación de las pruebas funcionales, y el registro de los eventos asociados. De este modo, el usuario que requiera la implementación de un SIS con un nivel SIL determinado, no solo debe asegurarse que el equipo que solicita y adquiere cumpla con IEC 61508, sino además debe asegurarse que él mismo cumplirá la Norma IEC 61511, mediante la actualización constante del ciclo de vida del SIS.

En la actualidad, los fabricantes de equipos están desarrollando y presentando al mercado, elementos primarios de medición, solucionadores lógicos y actuadores finales de seguridad con las aprobaciones necesarias para cumplir el nivel SIL requerido, mediante la inclusión de software especializado de diagnóstico y que además ejecutan periódicamente las pruebas funcionales de los equipos de campo, el registro de resultados de estas pruebas y de los eventos asociados, y la generación

de la documentación necesaria, para el cumplimiento de las normas IEC 61508 e IEC 61511 en forma integral.

La tecnología de los procesos industriales incorpora riesgos por el tipo de proceso, los productos obtenidos, las materias primas utilizadas y el medio ambiente y sus circunstancias. Los sistemas instrumentados automatizados pueden reducir estos riesgos. La seguridad funcional de los instrumentos de campo y de los sistemas de monitoreo y control debe ser asegurada mediante la detección, identificación y control de las fallas de los mecanismos y del software de aplicación.

El riesgo potencial de la tecnología de los procesos es determinado de acuerdo a IEC 61511. Una reducción de riesgo direccionada a cada riesgo en particular debe ser implementada. Los componentes utilizados deben cumplir los requisitos de IEC 61508 si implican el uso de tecnologías de automatización (Sistemas Instrumentados de Seguridad).

Los dos estándares, IEC 61511 e IEC 61508, clasifican a los sistemas y los riesgos involucrados en cuatro niveles SIL, desde el nivel SIL 1 (riesgo potencial bajo) hasta el nivel SIL 4 (riesgo potencial y sus consecuencias muy alto) [20].

### **8.3 NORMA IEC/EN 62061, “SEGURIDAD DE MÁQUINAS – SEGURIDAD FUNCIONAL DE SISTEMAS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES RELACIONADOS A LA SEGURIDAD”**

Es la implementación específica de máquinas de IEC/EN 61508. Proporciona requisitos aplicables al diseño de nivel de sistema para todos los tipos de sistemas de control eléctrico relacionados a la seguridad de las máquinas y también para el diseño de subsistemas o dispositivos no complejos.

La evaluación de riesgos resulta en una estrategia de reducción de riesgos que a su vez identifica la necesidad de funciones del sistema de control relacionado a la seguridad. Estas funciones deben documentarse y deben incluir:

- especificación de requisitos funcionales;
- especificación de requisitos de integridad de seguridad.

Los requisitos funcionales incluyen detalles como la frecuencia de operación, el tiempo de respuesta requerido, los modos de operación, los ciclos de servicio, el ambiente de operación y las funciones de reacción ante fallo. Los requisitos de integridad de seguridad se expresan en niveles llamados niveles de integridad de seguridad (SIL) [21].

## 8.4 NORMA EN ISO 13849-1

La norma EN ISO 13849-1:2006 (Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando relativas a seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño) ha sido preparada con el fin de guiar los procesos de diseño y evaluación de los sistemas de mando. Esta norma se complementa con la IEC BS EN 62061:2005, aunque esta última está referida sobre todo a sistemas de mando eléctricos, electrónicos y electrónicos programables, mientras que la EN ISO 13849-1 abarca todo tipo de tecnologías.

La EN ISO 13849-1 evalúa las funciones de seguridad existentes a partir de los niveles de rendimiento (PL) según categorías. Cubre cualquier componente seguro en sistemas de control (SRP/CS) y todo tipo de máquina, independientemente de la tecnología y forma energética de que se trate (eléctrica, hidráulica, neumática, mecánica, etc.) [22].

Los pasos que se deben seguir en la norma EN ISO 13849-1 son:

1. Identificación y requisitos de las funciones de seguridad (SF).
2. Determinación del PL requerido (PLr).
3. Diseño e identificación de las partes del sistema de mando relativas a seguridad.
4. Determinación del PL de las partes del sistema de mando relativas a seguridad.
  - Aspectos cuantificables (categoría, tiempo medio hasta fallo peligroso, cobertura del diagnóstico, fallos de causa común).
  - Aspectos no cuantificables.
5. Verificación  $PL \geq PLr$ .
6. Validación.

De conformidad con la Directiva Máquinas, el fabricante de máquinas (cualquiera que fabrique o modifique una máquina) debe efectuar una evaluación de riesgos respecto al diseño de la máquina y también incluir una valoración de todas las operaciones de trabajo que deben realizarse. La norma EN ISO 12100 (combinación de EN ISO 14121-1 y EN ISO 12100-1/-2) estipula los requisitos para la evaluación de riesgos de una máquina. En ella se basa la norma EN ISO 13849-1, y la realización de una evaluación y análisis de riesgos (ver figura 10) es un requisito previo para poder trabajar con la norma.

## Paso 1 Evaluación de riesgos

Una evaluación de riesgos comienza determinando el alcance de la máquina. Esto incluye el espacio que la máquina y sus operarios necesitan para todas sus aplicaciones previstas, y todas las etapas operativas durante el ciclo de vida de la máquina. Seguidamente, es necesario identificar todas las fuentes de riesgo para todas las operaciones de trabajo durante el ciclo de vida de la máquina [23].

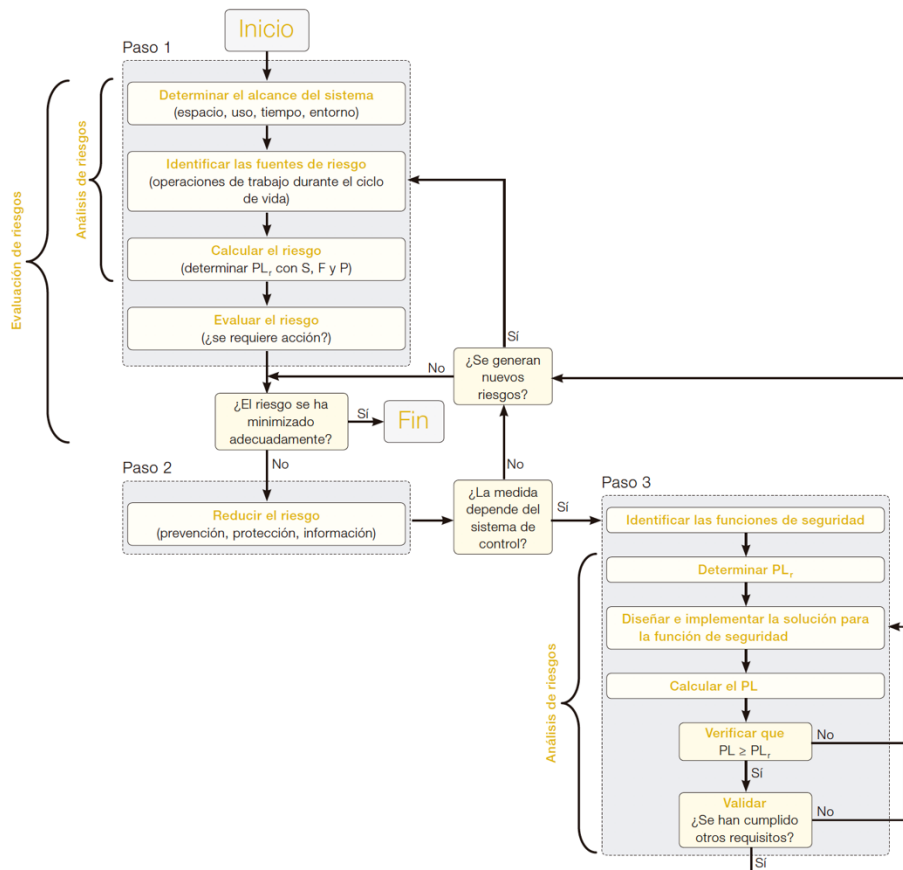


Figura 10 Evaluación y análisis de riesgo

Se efectúa una estimación de riesgos para cada fuente de riesgo, es decir, la indicación del grado de riesgo. De conformidad con EN ISO 13849-1 el riesgo se calcula con tres factores: gravedad del daño (G, gravedad), frecuencia de exposición al riesgo (F, frecuencia) y la posibilidad que tiene de evitar o limitar el daño (P, posibilidad). Para cada factor vienen dadas dos opciones. En la norma no se especifica dónde está el límite entre estas dos opciones, pero éstas son interpretaciones habituales:

G1 Hematomas, abrasiones, heridas punzantes y lesiones leves por aplastamiento

G2 Lesiones esqueléticas, amputaciones y muerte

F1 Menos de una vez cada dos semanas

F2 Más de una vez cada dos semanas

P1 Movimientos lentos de la máquina, mucho espacio, baja potencia

P2 Movimientos rápidos de la máquina, concurrido, alta potencia

Al definir G, F y P para el riesgo, obtendrá el nivel de prestaciones PL<sub>r</sub> (requerido) que es necesario para la fuente de riesgo. Finalmente, la evaluación de riesgos incluye una valoración de riesgos en la que determina si tiene que reducirse el riesgo o si se garantiza una seguridad suficiente [23].

## **Paso 2 - Reducir el riesgo**

Si determina que es necesario reducir el riesgo, debe observar la prioridad en la Directiva de Máquinas al seleccionar las medidas:

1. Evite el riesgo ya en la etapa de diseño. (Por ejemplo, reduzca la potencia, evite interferencias en la zona de peligro).
2. Utilice dispositivos de protección y/o seguridad. (Por ejemplo cerramientos, cortinas fotoeléctricas o dispositivos de mando).
3. Informe sobre cómo puede utilizarse la máquina con seguridad. (Por ejemplo, mediante manuales y carteles).

Si se reduce el riesgo mediante dispositivos de seguridad, el sistema de control que los supervisa debe diseñarse como se especifica en la norma EN ISO 13849-1.

## **Paso 3 - Diseñar y calcular las funciones de seguridad**

Para empezar tiene que identificar las funciones de seguridad en la máquina. (Los ejemplos de funciones de seguridad incluyen el paro de emergencia y el control de puertas). Para cada función de seguridad debe definirse un PL<sub>r</sub> (lo que con frecuencia ya se ha hecho en la evaluación de riesgos). A continuación se diseña e implementa la solución para la función de seguridad. Una vez finalizado el diseño, puede calcular el PL que alcanza la función de seguridad. Se comprueba que el PL calculado sea por lo menos tan elevado como PL<sub>r</sub> (ver figura 11) y se valía el sistema según el plan de validación. La validación comprueba que la especificación del sistema se lleva a cabo correctamente y que el diseño cumple con la especificación. También tendrá que verificar que se satisfagan los requisitos no incluidos en el cálculo del PL, es decir, garantizar que el software ha sido desarrollado y validado correctamente, y haber adoptado las medidas adecuadas para proteger el enfoque técnico de errores sistemáticos [23].

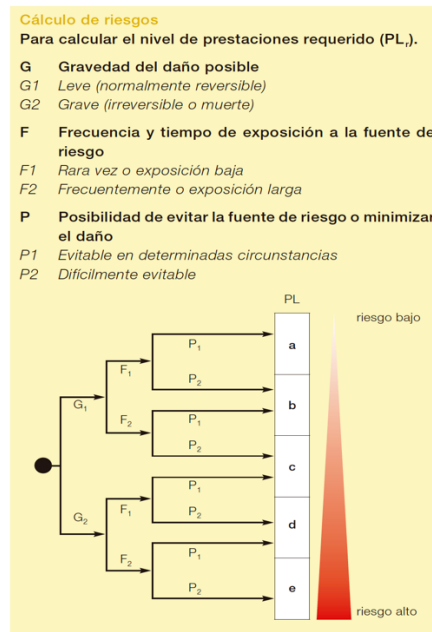


Figura 11 Grafico de riesgo para determinar el PLr

## 8.5 NORMA IEC 61131-3

En la actualidad, uno de los equipos de control más utilizados a nivel industrial es el “Autómata Programable”, también conocido como PLC (Programmable logic Controller). Este tipo de equipos se empezó a implantar en la industria a finales de la década de los años 1960 y principios de los 1970, y su evolución ha sido constante y muy acelerada. Como contrapartida, su desarrollo ha tenido que adecuarse a la gran experiencia y modo de trabajar de los técnicos y electricistas expertos en automatización encargados de su programación y puesta en marcha. Un requisito fundamental para el despegue industrial de los PLCs ha sido la necesidad de que su programación fuera familiar a estos especialistas encargados de su implantación.

Aunque cada fabricante de PLCs trató a su manera de ir subsanando las dificultades presentadas, el enorme crecimiento de la industria de los automatismos ocasionó la presencia de diversos lenguajes y técnicas de desarrollo propios de cada uno dificultando la integración, mantenimiento y seguimiento de los sistemas por parte de los desarrolladores y personal de planta, requiriendo de habilidades y capacitación especial en cada uno de los tipos de PLCs usados. Se requería, entonces, de lo que se llama hoy en día Sistemas Abiertos , permitiendo la construcción de grandes soluciones usando equipos provenientes de varios fabricantes y estandarizando los métodos y técnicas de programación.



Lo anterior fue la motivación principal para la emisión del Estándar IEC 61131-3, el cual provee técnicas bien concebidas y probadas para lenguajes de programación de PLCs teniendo implicación directa sobre la productividad en el desarrollo de las aplicaciones al mejorar su análisis, desarrollo, mantenimiento y seguimiento [16]. Su primera publicación se dio en 1993 por la IEC. La actual (tercera) edición fue publicada en Febrero de 2013.

En la norma IEC 61131-3 se define la forma en la cual deben ser programados los sistemas de control basados en PLC. En este estándar se identifican cinco lenguajes de programación, dos de tipo literal y tres de tipo gráfico:

Lenguajes de tipo literal:

- Texto estructurado (Structured Text, ST)
- Lista de instrucciones (Instruction List, IL)

Lenguajes de tipo gráfico:

- Diagrama de contactos (Ladder Diagram, LD)
- Diagrama de bloques funcionales (Function Block Diagram, FBD)
- Gráfico funcional secuencial (Sequential Function Chart, SFC o Grafcet)

**El Texto estructurado** (ver figura 12) es un lenguaje literal de programación de alto nivel, como PASCAL o C, compuesto por una serie de instrucciones que se pueden ejecutar de forma condicionada (por ejemplo con las instrucciones “IF... THEN... ELSE”) o bien en bucles secuenciales (instrucciones “WHILE... DO”).

|      |                      |
|------|----------------------|
| 0001 |                      |
| 0002 | IF marcha = TRUE     |
| 0003 | THEN motor := TRUE;  |
| 0004 | ELSIF paro = TRUE    |
| 0005 | THEN motor := FALSE; |
| 0006 | END_IF               |
| 0007 |                      |

*Figura 12 Texto estructurado*

**La lista de instrucciones** (ver figura 13) es un lenguaje de bajo nivel, compuesto por una serie de instrucciones, como indica su nombre. En cada línea sólo se permite una operación, por lo que lo convierte en un lenguaje muy compacto y que consume poco espacio en la memoria del PLC. Al no ser un lenguaje visual puede resultar difícil encontrar el significado de lo que está haciendo el programa, así como la detección y resolución de errores debido a la dificultad de identificarlos dentro del código, sobre todo si se trata de programas más elaborados.

|      |        |       |   |
|------|--------|-------|---|
| 0001 |        |       |   |
| 0002 | LD     | TRUE  | (*Cargar TRUE en el acumulador*)                            |
| 0003 | ANDN   | BOOL1 | (*Ejecutar AND con el valor negado de la variable BOOL1*)   |
| 0004 | JMPC   | marke | (*si el resultado ha sido TRUE, saltar a la marca "marke"*) |
| 0005 | LDN    | BOOL2 | (*Guardar el valor negado de *)                             |
| 0006 | ST     | ERG   | (*BOOL2 en ERG*)  |
| 0007 | marke: |       |   |
| 0008 | LD     | BOOL2 | (*Guardar el valor de *)                                    |
| 0009 | ST     | ERG   | (*BOOL2 en ERG*)  |
| 0010 |        |       |   |

Figura 13 Lista de Instrucciones

**El diagrama de contactos** (ver figura 14), también conocido como diagrama en escalera, es un lenguaje de programación basado en circuitos eléctricos. Se compone de una red limitada a izquierda y derecha por una línea de corriente vertical. Entre ellas se encuentra el esquema de conexión compuesto por líneas de conexión, contactos y bobinas, teniendo éstas dos últimos valores booleanos de “TRUE” o “FALSE”.



Figura 14 Diagrama de contactos

**El diagrama de bloques funcionales** (ver figura 15) es un lenguaje gráfico de programación formado por cajas o bloques con sus entradas, sus salidas y un código interno oculto. Estos bloques se interconectan en una secuencia que es fácil de seguir.

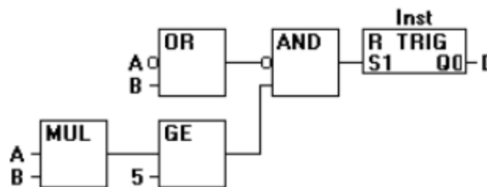


Figura 15 Diagrama de bloques funcionales

**El gráfico funcional secuencial o Grafcet** (ver figura 16) describe gráficamente el funcionamiento secuencial de un programa, mediante un paso inicial, indicado mediante un doble recuadro, seguido de transiciones que permiten pasos adicionales y sus respectivas acciones.

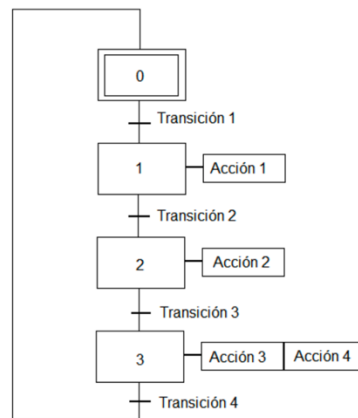


Figura 16 Gráfico funcional secuencial

A parte de definir los lenguajes para la programación de los autómatas, la norma IEC 61131-3 define una serie de elementos comunes: tipos de datos, variables y configuración, recursos y tareas (ver figura 17).

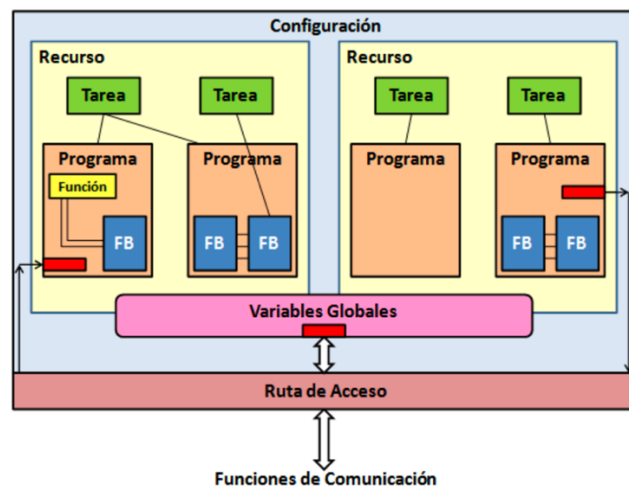


Figura 17 Modelo de software según la norma IEC 61131-3

El tipo de dato, como por ejemplo las variables booleanas, números reales, números enteros, fechas, cadena de caracteres, etc. El tipo de dato previene de errores en la fase inicial de programación, evitando que se hagan operaciones entre tipos de datos no compatibles, por ejemplo dividir un número entero por una cadena de caracteres, que al ser dos formatos incompatibles originaría un error [24].

- Las variables permiten identificar los objetos de datos cuyo contenido puede variar, como por ejemplo los valores de entradas y salidas. Se diferencian dos tipos de variables: Las variables locales, cuya utilización está limitada en la unidad de organización en la cual ha sido declarada; y las variables globales, las cuales tienen validez en todo el programa.

- El elemento software requerido para solucionar un problema de control puede ser formulado como una configuración. Una configuración es específica para un tipo de sistema de control e incluye las características del hardware (procesadores, direccionamiento de la memoria para los canales de E/S, etc.).
- Dentro de la configuración se pueden definir uno o más recursos. Un recurso es como un procesador capaz de ejecutar programas de control escritos en los lenguajes que define la norma. La configuración puede tener tantos recursos como se desee, lo que permite PLCs con tantas CPUs como se quiera.
- En los recursos se pueden definir una o más tareas. Las tareas controlan la ejecución de un conjunto de programas y/o bloques funcionales. Cada una de ellas puede ser ejecutada periódicamente o por una señal de disparo específica.

La norma define tres formas diferentes de crear programas de control para PLCs: programas, funciones y bloques funcionales. Estas tres formas reciben el nombre de POU (Program Organization Unit o Unidades de Organización de Programa).

- **Programa:** La norma lo define como el conjunto lógico de todos los elementos y construcciones que son necesarios para el tratamiento de señales que se requiere para el control de una máquina o proceso mediante PLC. Lo que significa que un programa puede contener la declaración de tipos de datos, variables e instancias de bloques funcionales junto con el código del programa necesario para realizar el control deseado de la máquina o proceso.
- **Funciones:** La norma especifica dos tipos de funciones, que son las estándar y las definidas por el usuario. Las funciones estándar son aquellas como la suma (ADD), el valor absoluto (ABS), la raíz cuadrada (SQRT), el seno (SIN), el coseno (COS), etc. Las funciones definidas por el usuario, una vez han sido implementadas, pueden ser usadas indefinidamente en cualquier POU [13].
- **Bloques Funcionales:** Contienen tanto datos como instrucciones, siendo posible guardar los valores de dichas variables entre sucesivas ejecuciones; ésta es la mayor diferencia con las funciones. Presentan una interfaz de entradas y salidas bien definida y un código interno oculto. Un símil con los bloques funcionales es el circuito integrado usado en electrónica, donde para unas entradas se obtienen unas salidas, pero sin saber internamente cómo se han llegado a éstas. De igual modo que con las funciones, hay bloques funcionales estándar (temporizadores, contadores, biestables, etc.) y otros que pueden ser creados por el usuario, mediante alguno de los lenguajes de la norma.

## **8.6 NORMA EUROPEA EN 16646:2014**

La EN 16646 se ocupa de establecer el rol del mantenimiento dentro de la empresa en relación con la gestión de activos físicos, y esto lo realiza buscando alinearse y dar sentido al rol del mantenimiento interpretando la familia de normas internacionales de requisitos para la gestión de activos ISO 55000: 2014.

La norma europea EN 16646:2014 es voluntaria y no es certificable a nivel internacional (como sería el caso de la ISO 55001 de Requisitos del sistema de gestión de activos) y se ocupa de establecer el rol del mantenimiento dentro de la empresa. La importancia de esta EN 16646:2014 es que coloca y le da un rol al mantenimiento dentro de la complejidad transversal que representa la gestión de activos físicos como parte de la gestión de activos empresariales, los cuales pueden ser tangibles e intangibles y se contradistinguen porque “tienen valor real o potencial para la organización”, según ISO 55000. La Norma Europea EN 16646 nos recuerda, sin embargo, que gestión de mantenimiento no es sinónimo de gestión de activos físicos, sino que “El sistema de gestión de mantenimiento es parte de un sistema de gestión de activos físicos”, y por ello le busca la relación para que mantenimiento, en particular, pueda tributar oportunamente al sistema de gestión de activos de la empresa. La norma EN 16646 establece que mantenimiento es un proceso, conformado por subprocesos (Mantenimiento objetivo y estrategias; Planificación de las actividades de mantenimiento; Gestión y desarrollo de los recursos; Mantenimiento aplicación; Seguimiento y mejora continua) que requiere el establecimiento de estrategias y objetivos de mantenimiento; es decir, consiste en una guía y recomendaciones acerca del establecimiento del desempeño del mantenimiento en la gestión de activos físicos [25].

## **8.7 NORMA ISO 14000**

No es una sola norma, sino que forma parte de una familia de normas que se refieren a la gestión ambiental aplicada a la empresa. La Norma ISO 14000 es un estándar internacional de gestión ambiental enfocada y aplicada a cualquier organización, independientemente de su tamaño o sector, que desee reducir los impactos ambientales y cumplir con la legislación existente en materia ambiental.

El objetivo de la Norma ISO 14000 consiste en la estandarización de formas de producir y de prestar servicios que protejan el medio ambiente, aumentando la calidad del producto y, en consecuencia, la competitividad de la organización ante la demanda de productos cuyos componentes y procesos de elaboración son realizados dentro de un contexto que respeta el medio ambiente.

Esta Norma ISO 14000 es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos ambientales y medir su actuación siguiendo unos criterios comunes aceptados internacionalmente al mismo tiempo que expresa cómo establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo. se trata de un conjunto de documentos de gestión ambiental que, una vez implantados, afectará a todos los aspectos de la gestión de una organización en sus responsabilidades ambientales y le ayudará a tratar sistemáticamente temas ambientales con el fin de mejorar el comportamiento ambiental y las oportunidades de beneficio económico.

La Norma ISO 14000 se centra en la organización en sí, proveyendo un conjunto de estándares basados en el procedimiento y unas pautas desde las que una empresa puede construir y mantener un sistema de gestión ambiental. Cualquier actividad empresarial que desee ser sostenible tiene que ser consciente de que debe asumir de cara al futuro una actitud preventiva, que le permita reconocer la variable ambiental en sus mecanismos de decisión empresarial [26] .

La serie de normas ISO 14000 sobre gestión ambiental incluye las siguientes normas:

De sistemas de gestión ambiental (S G A):

- ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso
- ISO 14004 Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo
- ISO 14006 Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño
- ISO 14011 Guía para las auditorías de sistemas de gestión de calidad o ambiental.

Etiquetas ecológicas y Declaraciones ambientales de producto:

- ISO 14020 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales
- ISO 14021 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Auto declaraciones medioambientales (Etiquetado ecológico Tipo II)
- ISO 14024 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Etiquetado ecológico Tipo I. Principios generales y procedimientos
- ISO 14025 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos

#### Huellas ambientales:

- ISO 14046:Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices
- ISO 14064-1:2006 Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero
- ISO 14064-2:2006 Gases de efecto invernadero. Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero
- ISO 14064-3:2006 Gases de efecto invernadero. Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero
- ISO 14065:2013 Gases de efecto invernadero. Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento

#### Análisis de ciclo de vida:

- ISO 14040:Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia.
- ISO 14044:Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices.
- ISO/TR 14047 Gestión ambiental - Evaluación del impacto del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de ISO 14042.
- ISO/TS 14048 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.
- ISO/TR 14049 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos de la aplicación de ISO 14041 a la definición de objetivo y alcance y análisis de inventario.

## 8.8 OTRAS NORMAS

La Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas, regula en su articulado los requisitos necesarios para la comercialización y puesta en servicio de máquinas en Europa.

La primera obligación de todo fabricante antes de comercializar o poner en servicio una máquina es asegurarse de que la misma cumple con los requisitos esenciales de seguridad y salud.

La construcción de una máquina en base a normas europeas armonizadas otorga a la misma presunción de conformidad con los requisitos esenciales cubiertos por dichas normas, de ahí la conveniencia de que en la construcción de máquinas sean observados todos y cada uno de los preceptos recogidos en las citadas normas que le sean de aplicación [27].

| GENERALIDADES                                    |                            |  |      |
|--|----------------------------|--|------|
| REQUISITO  | NORMA                      | TÍTULO   | TIPO |
| <b>Principios de integración de la seguridad</b> | UNE-EN 547 :1997+A1:2009   | Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano   | A    |
|  | UNE-EN 614 :2006+A1:2009   | Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico   | A    |
|  | UNE-EN ISO 11161:2009      | Seguridad de las máquinas. Sistemas de fabricación integrados. Requisitos fundamentales (ISO 11161:2007).  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 14738:2010      | Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas (ISO 14738:2002, Cor 1:2003 y Cor 2:2005). | B1   |
|  | UNE-EN 1837:1999+A1:2010   | Seguridad de las máquinas. Alumbrado integral de las máquinas.   | B2   |
|  | UNE-EN 547 :1997+A1:2009   | Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano   | A    |
|  | UNE-EN 614-1:2006+A1:2009  | Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico — Parte 1: Terminología y principios generales.   | A    |
| <b>Iluminación</b>                               | UNE-EN 614- 2:2001+A1:2008 | Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico — Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.               | A    |
| <b>Ergonomía</b>                                 | UNE-EN 842:1997+A1:2008    | Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.  | B2   |
|  | UNE-EN 894: 2009           | Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos.  | B1   |
|  | UNE-EN 981:1997+A1:2008    | Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.   | B2   |
|  | UNE-EN 1005:2002+A1:2009   | Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano.   | B1   |
|  | UNE-EN 61310:2008          | Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra  | B2   |
|  | UNE-EN ISO 7731:2008       | Ergonomía. Señales de peligro para lugares públicos y lugares de trabajo. Señales acústicas de peligro (ISO 7731:2003).                                    | B2   |
|  | UNE-EN ISO 13732:2008      | Ergonomía del ambiente térmico: Métodos para la evaluación de la respuesta humana al contacto con superficies  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 14738:2010      | Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas (ISO 14738:2002, Cor 1:2003 y Cor 2:2005). | B1   |
|  | UNE-EN ISO 15536:2008      | Ergonomía. Maniqués informatizados y plantillas del cuerpo humano.   | B1   |



| SISTEMAS DE MANDO                                      |  |  |      |
|--|--|--|------|
| REQUISITO  | NORMA  | TITULO   | TIPO |
| <b>Seguridad y fiabilidad de los sistemas de mando</b> | UNE-EN 574:1997+A1:2008                                | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.   | B2   |
|  | UNE-EN 894-1:1997+A1:2009                              | Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos.  | B1   |
|  | UNE-EN 1037:1996+A1:2008                               | Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.  | B2   |
|  | UNE-EN 61310-3:2008                                    | Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra — Parte 3: Requisitos para la ubicación y el funcionamiento de los órganos de accionamiento.   | B2   |
|  | EN 61800-5-2:2007                                      | Accionamientos eléctricos de potencia de velocidad variable — Parte 5-2: Requisitos de seguridad. Funcional.   | B2   |
|  | EN 62061:2005  | Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y programables.   | B2   |
|  | UNE-EN ISO 13849- 1:2008.                              | Seguridad de las máquinas — Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad.  | B2   |
|  | UNE-EN ISO 13855:2011                                  | Seguridad de las máquinas — Partes de los sistemas de control relativas a la seguridad.  | B2   |
|  | UNE-EN 574:1997+A1:2008                                | Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano. (ISO 13855:2010). | B2   |
|  | UNE-EN 894- 3:2001+A1:2009                             | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.   | B2   |
|  | EN 894-4:2010  | Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos.  | B1   |
| <b>Órganos de accionamiento</b>                        | UNE-EN 61310:2008                                      | Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos.  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 13855:2011                                  | Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de los dispositivos de señalización y los órganos de servicio.                          | B1   |
| <b>Puesta en marcha</b>                                | UNE-EN ISO 13855:2011                                  | Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano. (ISO 13855:2010). | B1   |
| <b>Parada</b>  | UNE-EN 61310-3:2008                                    | Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra.   | B2   |
| <b>Parada de emergencia</b>                            | UNE-EN ISO 13850:2008                                  | Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño (ISO 13850:2006).   | B2   |
| <b>Conjuntos de máquinas</b>                           | UNE-EN ISO 11161:2009<br>UNE-EN ISO 11161:2009/A1:2010 | Seguridad de las máquinas. Sistemas de fabricación integrados. Requisitos fundamentales (ISO 11161:2007).  | B1   |

| MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA PELIGROS MECÁNICOS       |                         |   |      |
|---|-------------------------|---|------|
| REQUISITO   | NORMA                   | TITULO  | TIPO |
| <b>Riesgos relacionados con los elementos móviles</b> | UNE-EN 349:1994+A1:2008 | Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.   | A    |
|   | UNE-EN ISO 13857:2008   | Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores (ISO 13857:2008). | B1   |

| CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LOS RESGUARDOS Y LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN |                          |   |      |
|--|--------------------------|---|------|
| REQUISITO  | NORMA                    | TITULO  | TIPO |
| <b>Requisitos generales</b>  | UNE-EN 953:1998+A1:2009  | Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.                                    | B2   |
|  | UNE-EN 1088:1996+A2:2008 | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y selección.                                     | B2   |
|  | UNE-EN ISO 13856:2013    | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de protección sensibles a la presión.   | B2   |
|  | UNE-EN 61496-1:2010      | Seguridad de las máquinas - Equipos de protección electro-sensibles - Parte 1: Requisitos generales y ensayos.  | B2   |
|  | UNE-EN ISO 13855:2011    | Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano. (ISO 13855:2010).    | B2   |
|  | UNE-EN ISO 13857:2008    | Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores (ISO 13857:2008). | B1   |

|   |                           |  |    |
|---|---------------------------|--|----|
| <b>Requisitos específicos para los resguardos</b>                 | UNE-EN 953:1998+A1:2009   | Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.                                 | B2 |
| <b>Resguardos móviles con dispositivo de enclavamiento</b>        | UNE-EN 1088:1996+A2:2008  | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y selección.                                  | B2 |
| <b>Requisitos específicos para los dispositivos de protección</b> | UNE-EN 574:1997+A1:2008   | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.   | B2 |
|   | UNE-EN ISO 13856:2013     | Seguridad de las máquinas. Dispositivos de protección sensibles a la presión.  | B2 |
|   | UNE-EN 61496:2004/AC:2010 | Seguridad de las máquinas - Equipos de protección electro-sensibles.   | B2 |
|   | UNE-EN ISO 13855:2011     | Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano. (ISO 13855:2010). | B2 |

| RIESGOS DEBIDOS A OTROS PELIGROS           |                                 |   |      |
|--|---------------------------------|---|------|
| REQUISITO                                  | NORMA                           | TITULO  | TIPO |
| <b>Energía eléctrica</b>                   | UNE-EN 60204-1:2007/A1:2009     | Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas.  | B1   |
|  | UNE-EN 60204-11:2002 CORR:2010  | Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas.  | B1   |
|  | UNE-EN 60204:2011               | Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas   | B1   |
| <b>Energías distintas de la eléctrica</b>  | UNE-EN ISO 4413:2011            | Transmisiones hidráulicas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes   | B2   |
|  | UNE-EN ISO 4414:2011            | Transmisiones neumáticas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes  | B2   |
| <b>Temperaturas extremas</b>               | UNE-EN ISO 1373:2008            | Ergonomía del ambiente térmico: Métodos para la evaluación de la respuesta humana al contacto con superficies.  | B1   |
| <b>Incendio</b>                            | UNE-EN 13478:2002+A1:2008       | Seguridad de las máquinas. Prevención y protección contra incendios.  | B1   |
| <b>Explosión</b>                           | UNE-EN 1127:2011                | Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión  | B1   |
| <b>Ruido</b>                               | UNE-EN 1265:2000+A1:2009        | Seguridad de las máquinas. Código de ensayo de ruido para máquinas y equipos de fundición.  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 3741:2011            | Acústica. Determinación de los niveles de potencia y energía sonoras de las fuentes de ruido a partir de la presión sonora. Métodos de precisión en cámara reverberante.  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 3743:2011            | Acústica. Determinación de los niveles de potencia y energía sonoras de fuentes de ruido. Métodos de ingeniería para fuentes pequeñas móviles en campo reverberante.  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 3744:2011            | Acústica. Determinación de los niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Método de ingeniería para condiciones de campo libre sobre un plano reflectante  | B1   |
|  | UNE-EN ISO 3745:2012            | Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica de las fuentes de ruido a partir de la presión acústica. Métodos de laboratorio para cámaras anecoicas y semianecoicas.   | B1   |
|  | UNE-EN ISO 3746:2011            | Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica y de energía acústica de fuentes de ruido a partir de la presión sonora. Método de control en una superficie de medida envolvente sobre un plano reflectante (ISO 3746:2010). | B1   |
|  | UNE-EN ISO 3747:2011            | Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica utilizando la presión sonora. Método de comparación.  | B1   |
| <b>Vibraciones</b>                         | UNE-EN 1032:2004+A1:2009        | Vibraciones mecánicas. Ensayos de maquinaria móvil a fin de determinar el valor de emisión de las vibraciones.  | B1   |
|  | UNE-EN 1299:1997+A1:2009        | Vibraciones y choques mecánicos. Aislamiento de las vibraciones de las máquinas. Información para la aplicación del aislamiento en la fuente.   | B1   |
|  | UNE-EN 12786:2013               | Seguridad de las máquinas. Requisitos para la elaboración de los capítulos sobre vibraciones de las normas de seguridad.  | B1   |
|  | UNE-EN 30326-1:1995 /A2:2012    | Vibraciones mecánicas. Método de laboratorio para evaluar las vibraciones del asiento en el vehículo  | B1   |
| <b>Riesgo de resbalar, tropezar o caer</b> | UNE-EN ISO 14122-1:2002/A1:2010 | Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales.   | B2   |

|   |                                 |   |    |
|---|---------------------------------|---|----|
| <b>Acceso a los puestos de trabajo o a los puntos de intervención</b> | UNE-EN ISO 14122-1:2002/A1:2010 | Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales. | B2 |
| <b>Separación de las fuentes de energía</b>                           | UNE-EN 1037:1996+A1:2008        | Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.                     | B2 |

| INFORMACIÓN  |                         |   |      |
|--|-------------------------|---|------|
| REQUISITO  | NORMA                   | TÍTULO  | TIPO |
| <b>Informaciones y advertencias sobre la máquina</b> | UNE-EN 894:1997+A1:2010 | Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos.               | B1   |
|  | UNE-EN 61310-1:2008     | Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra   | B2   |
| <b>Dispositivos de advertencia</b>                   | UNE-EN 842:1997+A1:2008 | Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.                         | B2   |
|  | UNE-EN 981:1997+A1:2008 | Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.                        | B2   |
|  | UNE-EN ISO 7731:2008    | Ergonomía. Señales de peligro para lugares públicos y lugares de trabajo. Señales acústicas de peligro (ISO 7731:2003). | B2   |
| <b>Advertencia de los riesgos residuales</b>         | UNE-EN 842:1997+A1:2008 | Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.                         | B2   |
|  | UNE-EN 981:1997+A1:2008 | Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.                        | B2   |
|  | UNE-EN 61310-1:2008     | Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra.  | B2   |
|  | UNE-EN ISO 7731:2008    | Ergonomía. Señales de peligro para lugares públicos y lugares de trabajo. Señales acústicas de peligro                  | B2   |
| <b>Marcado de las máquinas</b>                       | UNE-EN 61310-2:2008     | Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra — Parte 2: Requisitos para el marcado.                        | B2   |

### **PARTE III**

## **9. ASOCIACIÓN DEL CICLO DE VIDA Y NORMATIVA VIGENTE.**

La gestión integral para la operación de una planta industrial intensiva en activos suele estar envuelta en procesos con altos niveles de riesgo y los peligros asociado a su naturaleza, por lo tanto, estas restricciones desencadenan que las organizaciones se encuentren sujetas a ciertas limitaciones legalmente vinculantes sobre al menos las etapas de adquisición, operación y mantenimiento y desincorporación. De allí que una pobre o inadecuada gestión del ciclo de vida de los activos puede desencadenar graves daños a las instalaciones y activos, lesiones graves o la muerte, las pérdidas de producción o lucro cesante, fuertes multas por impactos al medio ambiente hasta la pérdida de la imagen corporativa.

Dentro de esa gestión del ciclo de vida de los activos, está la gestión de la confiabilidad de la planta o industria, la confiabilidad se asocia con cada etapa de todo el ciclo de vida de los activos. Cuando se habla de confiabilidad en todo el ciclo de vida de los activos, las especificaciones de los requisitos del cliente en relación a especificaciones de confiabilidad y riesgo deben ser considerados dentro del sistema de estrategia de apoyo. Por lo general, los requisitos de confiabilidad pueden determinarse teniendo en cuenta la normativa legal vigente en cada una de las etapas del ciclo de vida del activo. Por este motivo se hace una breve asociación de la normativa vigente con cada una de las etapas del ciclo de vida en activos industriales.

Como se ha mencionado anteriormente el ciclo de vida de los activos nace desde la idea misma de realizar una actividad que involucrará activos en su desarrollo, pasa por las etapas de anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento, hasta su eventual reciclaje, descarte o disposición final.

La acción de activar, coordinar ejecutar y articular las 3 etapas o fases (Obtención, Operación y Disposición), se conoce como Gestión de Activos Físicos; esta se lleva acabo teniendo en cuenta la norma PASS 55 o ISO 55000, teniendo en cuenta que la norma ISO 55000, es la más reciente y remplaza a la norma PASS

### **9.1 ETAPA DE OBTENCION (Diseño, Fabricación, Adquisición)**

Toda persona física o jurídica que diseñe y/o fabrique una máquina o una cuasi máquina y que sea responsable de la conformidad de dicha máquina o cuasi máquina, con vistas a su comercialización, bajo su propio nombre o su propia marca, o para su propio uso. En ausencia de un fabricante en el sentido

indicado, se considera fabricante cualquier persona física o jurídica que comercialice o ponga en servicio una máquina o una cuasi máquina.

Bajo estas etapas, se consideran aspectos como la seguridad de la maquina y la integridad física de las personas, por tanto para proceder a la comercialización o puesta en servicio de una máquina, deben intervenir normas relacionadas con la seguridad y la salud. Por lo que se recomiendan las siguientes normas:

- NORMA ISO 12100:2012.
- NORMA ISO 13849.
- NORMA IEC 61508.
- NORMA IEC 62061.
- NORMA IEC 61131-3.
- NORMA ISO 13855.
- NORMA ISO 13850.
- NORMA ISO 11161.
- NORMA ISO 13857.
- NORMA ISO 7731.

## **9.2 ETAPA DE OPERACIÓN (Instalación, Operación, Mantenimiento)**

Desde el punto de vista meramente industrial, este es el aspecto más relevante. Es un hecho que un correcto mantenimiento influye positivamente en el proceso productivo de la empresa, aumentando la productividad y disminuyendo costes, tanto directos como indirectos. Es por ello que, dado que la producción es el aspecto clave para la supervivencia de las empresas, se debe asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas, para ello se debe precisar cual es el objetivo de la etapa de operación que debe ser asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada,
- Cumpliendo con todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa,
- Cumpliendo con todas las normas de seguridad y el máximo beneficio global.

Esto significa que para alcanzar la competitividad, además de factores claves como son la calidad, la productividad y la seguridad, se debe agregar un factor clave que es la confiabilidad, soportada por el mantenimiento, que es lo que garantiza que los demás factores claves continuarán con su desempeño

adecuadamente. Para ello se debe cumplir y aplicar las normativas internacionales vigentes, donde se consideren aspectos como acceso al área de trabajo, funcionabilidad eficaz de las máquinas, seguridad, ergonomía y adecuada iluminación del puesto de trabajo, entre otras; por lo que se recomiendan las siguientes normas:

- GUIA GEMMA.
- NORMA IEC 61511.
- NORMA 61131-3.
- NORMA EN 16646.
- NORMA ISO 7731.
- NORMA ISO 14738.
- NORMA ISO 13855.
- NORMA ISO 13850.
- NORMA ISO 13857.
- NORMA ISO 14122-1/A1:2010.

### **9.3 ETAPA DE DISPOSICIÓN (Remplazo, Desvinculación, Venta o Baja)**

Cada día se es más consciente de la importancia que debe de tener el medio ambiente en el funcionamiento diario de las plantas. El concepto de desarrollo sostenible ha permitido que hoy en día se vea como un objetivo más dentro de la empresa la reducción del impacto ambiental del proceso en su entorno. Así mismo, la legislación en la materia avanza a gran velocidad, planteando cada vez mayores restricciones en la relación del medio ambiente con la empresa. Así mismo, la adquisición de una mayor conciencia del problema ambiental por parte de la sociedad hace que el cuidado del entorno pueda convertirse en una ventaja competitiva para la empresa y una mala imagen en este aspecto puede dar al traste con la imagen de marca de la empresa.

En este punto se evalúan los posibles riesgos que pudieran aparecer en la planta en el caso de que se produzca alguna pérdida funcional del equipo y se deberá tener en cuenta con especial interés la normativa ambiental que rija, es aquí donde tiene total interés y donde intervienen normas relacionadas con la gestión y conservación del medio ambiente, por lo que se recomienda la aplicación de la norma ISO 14000 y algunas de sus series, según los requerimientos de la empresa.

## 10. CONCLUSIONES

El ciclo de vida de un activo industrial es un factor fundamental en el desarrollo de la industria moderna. La dinámica de los negocios, exige cada vez más a la industria producir al más óptimo costo, con la más alta calidad y un mayor nivel de confiabilidad (disponibilidad y mantenibilidad de sus activos), para poder cumplir con los exigentes requerimientos de orden técnico, económico o legal y permanecer eficientemente de forma competitiva en el mercado.

El éxito de una empresa se basa tanto en la calidad del flujo de sus procesos (información, documentación, materiales) como también en el efectivo funcionamiento de los elementos que los sustentan. Para poder optimizar de manera sostenible a los procesos será necesario garantizar la confiabilidad de los activos físicos y todos los elementos que influyen en su comportamiento; por ello es importante la implementación de un sistema de gestión de activos.

La implementación de un sistema de gestión de activos tiene como principal beneficio la reducción de costos, ya que al garantizar que los activos estén siempre disponibles para la empresa, se reducen los tiempos muertos por maquinaria defectuosa, paradas de planta no planificada, accidentes e incidentes, se reduce el stock de los repuestos, se reducen las horas extras del personal de producción y mantenimiento, se reducen los costos de materia prima.

En la actualidad para implementar su sistema de gestión de activos, las empresas aplican la normativa internacional PASS 55 o ISO 55000, la ISO 55000 esta apoyada en la PAS 55, establece los mismos requisitos, aunque muestra diferencias; una de las principales es el alcance del sistema de gestión de activos. Mientras que la PAS 55 se centro principalmente en los activos físicos, ISO 55001 se centra en los objetivos organizacionales a nivel “estratégico-táctico-operativo”, para la optimización de los procesos de coste-riesgo en la industria. estas tienen el mismo propósito, una medida de las buenas prácticas aplicada a la gestión de activos.

El objetivo de un sistema de control es el de gobernar la respuesta de una planta, sin que un operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida, este concepto lleva de alguna forma implícito que el sistema de control opera, en general, con magnitudes de baja potencia, llamadas genéricamente señales, y gobierna unos accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada a la planta. Según lo anterior el conjunto de sistema de control y accionamiento se limita a ser un convertidor amplificador de potencia que ejecuta las ordenes dadas a través de las magnitudes de consigna.

Los sistemas de control principalmente son los que se encargan de la toma de ciertas decisiones ante determinados comportamientos de la planta, a



esto se le llama sistema automáticos de control. Generalmente los dispositivos encargados de establecer el criterio de control son los controladores o autómatas.

En un proceso productivo automatizado, aparecen contingencias que hacen parar el proceso. En los automatismos, estas contingencias son previsibles y el propio automatismo está preparado para detectar defectos y averías y colaborar en la puesta a punto, reparación y otras tareas no propias del proceso productivo normal. Para fijar una forma universal de denominar y definir los diferentes estados que puede tener un sistema, se ha preparado la guía GEMMA que es una guía gráfica que presenta, los diferentes modos de marcha de una instalación de producción así como las formas y condiciones para pasar de un modo a otro.

Los principios generales para el diseño de máquinas seguras son simples y forman una cadena lógica de fácil aplicación, se han de analizar todos los peligros existentes en la máquina y evaluar los riesgos asociados a estos peligros. Cuando estos riesgos sobrepasen un riesgo tolerable, se deben aplicar medidas para eliminar o reducir estos riesgos, con el fin de proteger al usuario de los daños posibles a su salud e integridad física, es aquí donde intervienen las normativas relativas a la seguridad en maquinaria.

El planteamiento inicial del proyecto consistió en estudiar la normativa internacional aplicada a las etapas del ciclo de vida en activos industriales y en los automatismos que lo conforman. La no aplicación de normativas en el ciclo de vida de un activo y sus automatismos puede conllevar pérdidas tanto económicas (aumentando los costos de mantenimiento, disminuyendo la optimización de la producción), como humanas (poniendo en riesgo la salud y la vida del personal expuesto) para las empresas.

## **11.RECOMENDACIONES**

Un sistema de gestión de activos físicos puede ser implementado solo si la empresa está convencida de sus beneficios tanto económicos, como humanos, para ello debe haber compromiso y credibilidad de todo el personal; y se debe tener claridad en los resultados esperados en la implementación del sistema de gestión de activos.

Las medidas de seguridad que se implementen en la industria de procesos como sistemas de reducción de riesgos cumplan con los parámetros estandarizados desde su concepción hasta inclusive su desmantelamiento.

En cada una de las etapas del ciclo de vida del activo industrial se debe aplicar la normativa internacional vigente, para beneficio y mayor provecho del activo; asegurando además la integridad física de las personas.

Al correlacionar cada una de las etapas del ciclo de vida de un activo con las normativas internacional vigentes para activos industriales, se podrá realizar un estudio de la normativa local aplicada al ciclo de vida en un activo industrial.

Teniendo en cuenta la normativa estudiada, se podrá aplicar al estudio en el diseño de un activo industrial en particular, de una forma más detallada.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] IES Frei Martin Sarmiento, Dpto De Electricidad. *Automatismos Eléctricos Industriales*.
- [2] UNE-ISO 55000. *Gestión de activos. Aspectos generales, principios y terminología*.
- [3] Santiago Sotuyo Blanco. (2005). Gestion de activos y ciclo de vida. *Revista Mantenimiento: Ingeniería industrial y de edificios* (185). Arturo, G. D. (10 de octubre de 2009).
- [4] Nota introductoria diplomado "Gestión de Activos en la práctica, apoyando la productividad de la organización alineado a la norma ISO 55.001:2014". (s.f.). [www.linkedin.com/pulse/diplomado-gesti%C3%B3n-de-activos-en-la-pr%C3%A1ctica-apoyando-iso-55001-2014-rez-cmrp?articleId=6162492397629513728#comments-6162492397629513728&trk=prof-post](http://www.linkedin.com/pulse/diplomado-gesti%C3%B3n-de-activos-en-la-pr%C3%A1ctica-apoyando-iso-55001-2014-rez-cmrp?articleId=6162492397629513728#comments-6162492397629513728&trk=prof-post).
- [5] Soluciones para la minería, energía e industria. (2013). Gestión de activos industriales: Crece el interés por las empresas nacionales. *Revista electro industrial*, Año XIII (143).
- [6] Notas XVI congreso de confiabilidad: "Nuevos enfoque en la Gestión de Activos" San Sebastián. (3, 4 de Diciembre de 2014). Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de [www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?p\\_l\\_id=134222&folderId=3448468&name=DLFE-20980.pdf](http://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=134222&folderId=3448468&name=DLFE-20980.pdf)
- [7] Parra Márquez, C. A., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla: INGEMAN.
- [8] Plaza Perez, N. M., & Rodriguez Lasso, F. (2015). *Propuesta De Un Sistema De Gestión De Activos, Basados En La Pas 55, Para La Generación De Valor En Las Empresas De Servicios Públicos Domiciliarios Del Municipio De Duitama (Boyacá)*. Tunja.
- [9] IAM. PAS 55. (2008). *Especificación British Standard para la gestión de activos físicos*. Londres: The Institute of Asset Management.
- [10] Novillo Novillo Alex Javier. (Agosto de 2013). Análisis de las especificaciones PAS-55:2008 como aporte a la gestión de activos físicos en las ensambladoras automotrices del Ecuador. Quito, Ecuador.
- [11] Depool Malave, T. A. (Julio de 2015). Mejora de la gestión de activos físicos según pas 55 – ISO 55000 evaluando el desempeño de los roles del marco de competencias del iam. *Tesis Doctoral*. Valencia, Valencia, España.
- [12] Gonzalez, I. H. (18 de Diciembre de 2015). *ISO 55001:2014 Gestión De Activos*. Recuperado el 4 de Agosto de 2016, de Calidad Y Gestion: <https://calidadgestion.wordpress.com>

- [13] Márquez Artola, F. (2015). Evaluación de la Gestión de activos a partir de la ISO 55 000. Consideraciones teóricas. *Tesis* . Santa Clara, Cuba: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Bedoya Rios, Carlos Mario. (2016).
- [14] Sola Rosique, A., & Crespo Márquez, A. (2016). *Principios y marco de referencia de la gestión de activos*. Madrid, Madrid, España: AENOR EDICIONES.
- [15] Balcells, J., & Romeral, J. L. (1997). *AUTONOMAS PROGRAMABLES*. Barcelona, Barcelona, España: Marcombo.
- [16] Orozco Gutiérrez, Á. Á., Guarnizo Lemus, C., & Holguin Londoño, M. (2008). *Automatismos Industriales*. Pereira, Risaralda, Colombia: Talleres de Publicaciones Universidad Tecnológica de Pereira.
- [17] Pere Ponsa, A., & Arbós, R. V. (2005). Automatización de procesos mediante la guía GEMMA. Barcelona, Barcelona, España: EDICIONS UPC.
- [18] Gornemann, O. (2013). *Prevencion Integral*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2016, de Seguridad de maquinaria con normas internacionales: <https://www.prevencionintegral.com>
- [19] UNE-ISO 12100-2010. (2010). *Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño, Evaluación del riesgo y reducción del riesgo*. España.
- [20] Arturo, g. D. (10 de octubre de 2009). Guía para la determinación del nivel sil en la industria de procesos. *Monografia* . Veracruz, Veracruz, Mexico: universidad veracruzana.
- [21] SAFEBOOK 4. (Marzo de 2011). Sistema De Seguridad Para Maquinaria Industrial. Rockwell Automation.
- [22] Holguín Londoño, M., Muñoz Torres, D. F., & Orozco Gutierrez, A. A. (2013). Análisis de estructuras para la norma en ISO 13849-1 con base en un comportamiento estocástico usando cadenas de Markov. *revista épsilon* (20), 241-242.
- [23] Asea Brown Boveri, S.A. (2011). Seguridad en sistemas de control según la norma EN ISO 13849-1. *ABB Jokab Safety* , 4 y 5. Gutierrez, B. (30 de enero de 2011). *Seguridad en maquinaria en iso 13849-1* .Barcelona, barcelona, españa: seis maquinaria s.l.l.
- [24] Jácome Torres, M. A. (2012). Diseño Implementación Y Programación De Un Módulo De Control Mediante Plc En Configuración Scada En El Laboratorio De Automatización De La Fie Para El Control Automático Del Sistema De Envasado. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- [25] Sexto, L. F. (2015). ISO 5500: ¿Alternativa o Paradigma? *Mantenimiento en Latinoamérica* , 7 (6), 6-12.

- [26] weblog Blog Calidad ISO. (5 de Enero de 2015). *Blogdecalidadiso.es*. Recuperado el 19 de Abril de 2017, de Importancia de la Norma ISO 14000: <http://blogdecalidadiso.es/importancia-de-la-norma-iso-14000/>
- [27] Instituto de Salud Pública y Laboral de Navarra. (Febrero de 2012). Construcción de máquinas. *"Normas armonizadas para la conformidad con los requisitos esenciales del real decreto 1644/2008"*. Pamplona, Navarra, España: ISPLN.